



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

**“DESARROLLO DE UN SOFTWARE DE
SIMULACIÓN CON LabVIEW, PARA EL
ENCENDIDO Y MONITOREO DE LAS
VARIABLES DEL CALDERO DE LA FACULTAD
DE MECÁNICA”**

SEGOVIA SEGOVIA CARLOS WASHINGTON

BAUTISTA BAUTISTA JORGE LUIS

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

RIOBAMBA – ECUADOR

2010

E s p o c h

Facultad de Mecánica

C E R T I F I C A D O D E A P R O B A C I Ó N D E T E S I S

C O N S E J O D I R E C T I V O

Julio, 26 de 2010

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

C A R L O S W A S H I N G T O N S E G O V I A S E G O V I A Y

J O R G E L U I S B A U T I S T A B A U T I S T A

Titulada:

“D E S A R R O L L O D E U N S O F T W A R E D E S I M U L A C I Ó N C O N L a b V I E W ,
P A R A E L E N C E N D I D O Y M O N I T O R E O D E L A S V A R I A B L E S D E L
C A L D E R O D E L A F A C U L T A D D E M E C Á N I C A ”

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

I N G E N I E R O D E M A N T E N I M I E N T O

Ing. Geovanny Novillo A.
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Pablo Montalvo.
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Marco Santillán.
ASESOR DE TESIS

E s p o c h

Facultad de Mecánica

C E R T I F I C A D O D E E X A M I N A C I Ó N D E T E S I S

N O M B R E D E L E S T U D I A N T E: S E G O V I A S E G O V I A C A R L O S W A S H I N T O N Y
B A U T I S T A B A U T I S T A J O R G E L U I S .

T Í T U L O D E L A T E S I S: “D E S A R R O L L O D E U N S O F T W A R E D E
S I M U L A C I Ó N C O N L a b V I E W , P A R A E L E N C E N D I D O Y M O N I T O R E O D E
L A S V A R I A B L E S D E L C A L D E R O D E L A F A C U L T A D D E M E C Á N I C A ”

F e c h a d e E x a m i n a c i ó n: J u l i o 2 1 d e l 2 0 1 0 .

R E S U L T A D O D E L A E X A M I N A C I Ó N:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
ING. EDUARDO VÁSQUEZ. (Presidente Trib. Defensa)			
ING. PABLO MONTALVO. (Director de Tesis)			
ING. MARCO SANTILLÁN. (Asesor)			

* M á s q u e u n v o t o d e n o a p r o b a c i ó n e s r a z ó n s u f i c i e n t e p a r a l a f a l l a t o t a l .

R E C O M E N D A C I O N E S: _____

El Presidente del Tribunal quien certifica al Consejo Directivo que las condiciones de la
defensa se han cumplido.

f) Presidente del Tribunal

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teórico - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Carlos Washington Segovia Segovia.

Bautista Bautista Jorge Luis.

A G R A D E C I M I E N T O

E l m á s s i n c e r o a g r a d e c i m i e n t o a l a E s c u e l a S u p e r i o r P o l i t é c n i c a d e C h i m b o r a z o ,
e n e s p e c i a l a l a E s c u e l a d e I n g e n i e r í a d e M a n t e n i m i e n t o , p o r b r i n d a r n o s l a
o p o r t u n i d a d d e o b t e n e r u n a p r o f e s i ó n y s e r p e r s o n a s ú t i l e s a l a s o c i e d a d .

Y e n e s p e c i a l p a r a t o d o s l o s a m i g o s , c o m p a ñ e r o s y p e r s o n a s q u e n o s a p o y a r o n
d e u n a u o t r a m a n e r a p a r a c u l m i n a r c o n é x i t o u n a e t a p a d e n u e s t r a s v i d a s .

C a r l o s W a s h i n g t o n S e g o v i a S e g o v i a y

J o r g e L u i s B a u t i s t a B a u t i s t a .

D E D I C A T O R I A

A nuestros padres, quienes por su esfuerzo, dedicación y amor han sido muzas de
inspiración, artífices y dueños de nuestros logros.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y su insigne cuerpo de docentes por la
noble labor desempeñada.

Carlos Washington Segovia Segovia y

Jorge Luis Bautista Bautista.

TABLA DE CONTENIDOS

CAPÍTULO

PÁGINA

1. GENERALIDADES.

1.1	Antecedentes.....	1
1.2	Justificación.....	1
1.3	Objetivos.....	2
1.3.1	Objetivo general.....	2
1.3.2	Objetivos específicos.....	2

2. MARCO TEÓRICO.

2.1	LabVIEW.....	3
2.1.1	Tipos de datos en los controles indicadores.....	4
2.2	Adquisición de datos.....	5
2.2.1	Tarjeta de adquisición de datos.....	6
2.2.2	Resolución.....	7
2.2.3	Tipos de tarjetas comunes.....	8
2.2.3.1	Tarjeta DAQ-6024E.....	8
2.3	Caldero.....	9
2.3.1	Clasificación de los calderos.....	9
2.3.2	Partes del caldero pirotubular.....	11
2.3.3	Funcionamiento de un caldero de vapor pirotubular.....	11
2.4	Encendido y variables de un caldero.....	13
2.4.1	Pasos previos al arranque.....	13
2.4.2	Pasos a seguir para el encendido.....	13
2.4.2.1	Secuencia de operación.....	13
2.4.2.2	Período de pre-purga.....	16
2.4.2.3	Período de la ignición.....	17
2.4.2.4	Indicador en el quemador principal.....	17
2.4.2.5	Apagado del quemador.....	17
2.4.3	Variables del caldero.....	18
2.4.3.1	Nivel de agua.....	18
2.4.3.2	Presión del aire para la combustión.....	19
2.4.3.3	Presión del aire atomizado.....	20
2.4.3.4	Presión y flujo del aceite combustible.....	21
2.4.3.5	Alimentación modular.....	22

3. DESARROLLO DE UN SOFTWARE DE SIMULACIÓN DEL ENCENDIDO Y MONITOREO DE LAS VARIABLES DE UN CALDERO CON LabVIEW.

3.1	Software.....	24
-----	---------------	----

3.1.1	Encendido y establecimiento de las variables...	24
3.1.2	Encendido del caldero...	25
3.1.3	Arranque del caldero...	27
3.1.4	Funcionamiento del caldero...	32
3.1.5	Simulación del funcionamiento...	37
3.1.6	Simulación de datos...	43
3.1.7	Apagado del caldero...	45
3.1.8	Generación de reportes genéricos...	48
3.1.9	Generación de reportes en word...	49
3.2	Montaje de sensores...	50
3.3	Calibración del software...	51
4.	INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA.	
4.1	Banco de tareas del mantenimiento del caldero...	53
4.2	Desarrollo del banco de tareas...	55
4.2.1	Inspección general...	55
4.2.2	Verificación de la operación del quemador...	55
4.2.3	Inspección de las válvulas de seguridad...	55
4.2.4	Mantenimiento del control de nivel de agua...	55
4.2.5	Mantenimiento de los controles eléctricos...	56
4.2.6	Limpieza del detector de llama...	56
4.2.7	Mantenimiento del colador...	57
4.2.8	Mantenimiento del tanque de aceite combustible...	57
4.2.9	Verificación de seguridad del sistema de la llama...	57
4.2.10	Mantenimiento del resorte de la leva...	59
4.2.11	Mantenimiento de la interconexión del control...	59
4.2.12	Limpieza del fogón...	59
4.2.13	Mantenimiento del quemador de aceite...	60
4.2.14	Limpieza de la boquilla de aceite...	60
4.2.15	Mantenimiento de la boquilla de purga de aire...	61
4.2.16	Mantenimiento del sistema de ignición...	61
4.2.17	Mantenimiento del quemador de gas...	62
4.2.18	Mantenimiento de las válvulas solenoide...	63
4.2.19	Mantenimiento del ventilador de tiro forzado...	63
4.2.20	Cambio del tubo de vidrio del indicador de nivel de agua...	64
4.2.21	Mantenimiento del revestimiento de horno...	64
4.2.22	Mantenimiento y sellado de la puerta trasera...	65
4.2.23	Mantenimiento y sellado de la puerta interna delantera...	66
5.	DESARROLLO DE GUÍAS PRÁCTICAS PARA EL ESTUDIANTE.	
5.1	Práctica N° 1: Arranque, monitoreo y apagado del caldero...	68
5.2	Práctica N° 2: Generación de reportes...	73
5.3	Práctica N° 3: Seguridad del sistema...	75
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	

6.1	Conclusiones...	78
6.2	Recomendaciones...	78

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFÍA

LINKOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

<u>TABLA</u>		<u>PÁGINA</u>
2.1	TIPOS DE DATOS EN LabVIEW	5
3.1	VARIABLES DEL CALDERO	52
4.1	BANCO DE TAREAS DEL MANTENIMIENTO DE UN CALDERO ...	54

LISTA DE FIGURAS

<u>FIGURA</u>	<u>PÁGINA</u>
2.1	Vista del panel frontal... 3
2.2	Vista del diagrama de bloques... 4
2.3	Adquisición de datos análogos... 6
2.4	Convertidor analógico – digital... 7
2.5	Rango de operación... 7
2.6	Digitalización de valores analógicos... 8
2.7	Caldero pirotubular... 11
2.8	Diagrama de flujo agua-vapor... 12
2.9	Indicador de la secuencia de operación... 14
2.10	Programador... 15
2.11	Visor del nivel de agua... 19
2.12	Modulador... 20
2.13	Aire para la atomización... 21
3.1	Encendido y establecimiento de las variables... 24
3.2	Registro de número de arranques del caldero... 25
3.3	Encendido de las bombas... 26
3.4	Calibración del reóstato... 27
3.5	Posicionamiento del modulador del caldero... 28
3.6	Encendido del quemador... 28
3.7	Abertura del modulador... 29
3.8	Funcionamiento del compresor... 30
3.9	Abertura del modulador... 30
3.10	Simulación de cierre del modulador... 30
3.11	Encendido del piloto... 31
3.12	Temporización de los indicadores... 31
3.13	Cambio de llama... 32
3.14	Funcionamiento del Caldero... 33
3.15	Indicador de temperatura de los gases de combustión... 33
3.16	Presión de trabajo... 34
3.17	Indicador del estado del modulador... 34
3.18	Nivel de Tanque de combustible... 35
3.19	Encendido y apagado de la bomba de combustible... 36
3.20	Simulación de consumo de combustible... 36
3.21	Alarma y aviso del nivel de combustible... 37
3.22	Simulación del llenado del tanque de combustible... 37
3.23	Nivel de agua del caldero... 38
3.24	Consumo de vapor... 39
3.25	Simulación de funcionamiento de la bomba de abastecimiento... 40
3.26	SubVI de la bomba de abastecimiento... 41
3.27	Simulación del funcionamiento de la bomba de condensado... 41
3.28	SubVI de la bomba de condensado... 42
3.29	Condiciones de operación... 43
3.30	Simulación de datos... 43
3.31	Simulación del funcionamiento del modulador... 44
3.32	Nivel de aceite en el filtro del soplador... 44
3.33	Nivel de aceite en el depósito del soplador... 45
3.34	Simulación de temperaturas y presiones... 45

3.35	Simulación del apagado...	46
3.36	Condiciones de apagado...	47
3.37	Simulación del descenso de temperatura...	47
3.38	Simulación del descenso de presión...	48
3.39	Generación de reportes genéricos...	49
3.40	Generación de reportes en word...	50
3.41	Ubicación de sensores...	51
5.1	Botón de encendido...	68
5.2	Bombas y controles de las bombas...	69
5.3	Modulador y control del modulador...	69
5.4	Control del quemador...	70
5.5	Indicador de encendido...	70
5.6	Indicador de encendido del piloto...	71
5.7	Indicador de cambio de llama...	71
5.8	Post-purga...	72
5.9	Control del caudal consumo de vapor...	73
5.10	Gráfica de nivel de agua en el caldero...	74
5.11	Ventana de impresión...	74

LISTA DE ABREVIACIONES

A	Análogo.
ADC	Tarjeta de adquisición de datos.
D	Digital.
LabVIEW	Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench
P	Presión.
T	Temperatura.

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1: Reporte generado.

ANEXO 2: Caldero del laboratorio de generación de vapor de la Facultad de
Mecánica.

RESUMEN

La tesis titulada "desarrollo de un software de simulación del encendido y monitoreo de las variables de un caldero con LabVIEW", se realizó con el fin de dotar a los estudiantes de la Facultad de Mecánica un instrumento que permita su óptima formación técnico-tecnológica en el proceso de generación de vapor.

El desarrollo del software se llevó a cabo en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo de la ciudad de Riobamba. La metodología utilizada para el desarrollo de la tesis estuvo basada en la observación, investigación, análisis, síntesis y aplicación de conocimientos. El método que se aplicó fue el método lógico ya que se basa en la experiencia, observación y en los hechos. Las técnicas aplicadas en la investigación fueron: la técnica documental que permite la recopilación de información para el sustento de procesos, así como la técnica de campo que permite el contacto directo con el objeto de estudio. Los parámetros de evaluación que se utilizaron fueron: similitud con sistemas reales, aplicabilidad y fiabilidad. La investigación proporcionó los siguientes resultados: Un software de simulación del encendido y monitoreo de las variables de un caldero. Se puede entonces concluir que el entorno es de alta fiabilidad, aplicable a sistemas similares reales, cuyo diseño virtual permitirá la formación virtuosa y económica de técnicos conocedores de sistemas de generación de vapor y además a la vanguardia de los sistemas de monitoreo. Por tanto se recomienda su aplicación en el laboratorio de generación de vapor y su uso en la preparación de estudiantes.

S U M M A R Y

The thesis dealing with "The Development of a starting and Monitoring Simulation Software of a Boiler Variables with LabVIEW" was carried out to provide the students of the Mechanics Faculty an instrument permitting their optimum technological formation in the vapor generation process. The software development was performed at the Chimborazo Higher Education Polytechnic School of Riobamba city. The methodology used for thesis development was based on the observation, investigation, analysis, synthesis and application of the knowledge. The applied method was the logic one as it is based on the experience, observations and facts. The techniques applied in the investigation were: the documentary one which permits the information collection for the process support as well as the field technique which permits the direct contact with the study object. The evaluation parameters were: similarity with real systems, reliability and applicability. The investigation provided the following results: a Starting and Monitoring Simulation Software of a boiler variables. It can be concluded that the environment is of high reliability, applicable to real similar systems, whose virtual design will allow the virtuous and economic formation of the technicians who know about the vapor generation systems and are leaders of the monitoring systems. Therefore, its application is recommended in the vapor generation lab as well as its use in the student training.

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

1.1. Antecedentes

En la actualidad el desarrollo y diseño de nuevos software de monitoreo ocupa un papel muy importante dentro del desarrollo de procesos industriales, los avances científicos tecnológicos alcanzados hoy en día son tales que nos permite el desarrollo de software de simulación, monitoreo y adquisición de datos de diferentes procesos industriales, siendo la generación de vapor uno de los procesos más comunes y de gran interés ya que el mismo se halla implícito en el desarrollo de actividades industriales tales como: elaboración de productos, cocción de alimentos, esterilización, confort humano, etc.

La Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo cuenta con un caldero en su laboratorio de generación de vapor cuyo fin fue en sus inicios permitir conocer el proceso de generación de vapor a todos los estudiantes de las diferentes escuelas, pero el paso del tiempo ha afectado la condición del mismo, presentando un deterioro en su sistema eléctrico, en sus sistema de distribución de combustible, y de abastecimiento de agua como es el caso del ablandador. Por ello se ha enfocado el esfuerzo de una memoria de tecnología en la repotenciación del caldero.

Si bien es cierto el desarrollo de ésta memoria de tecnología pondrá en funcionamiento el caldero, no es menos cierto que para que el estudiante satisfaga su necesidad de conocimiento el mismo necesitará del conocimiento de su funcionamiento y el equipo por su importancia necesita de un monitoreo constante, por ello se desarrolló un software de simulación basado en LabVIEW, que por su estructura tiene características funcionales aplicables a sistemas y condiciones reales, esto con el propósito de que los estudiantes de la Facultad de Mecánica tengan una excelente formación práctica con este equipo y estén a la vanguardia del desarrollo tecnológico.

1.2. Justificación

Consciente de los nuevos desarrollos tecnológicos, la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo no pudiendo excluirse ni tampoco mostrar indiferencia ante los actuales adelantos técnicos y tecnológicos, pretendió el desarrollo de esta tesis, que dotó a la facultad de un software que permitirá optimizar el aprendizaje virtuoso de los estudiantes en el proceso de generación de vapor por ser éste uno de los procesos más comunes en la industria cuyo corazón es el caldero.

El acceso y actualización a nuevas tecnologías es ilimitado, por tal razón la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento, dará solución adecuada a las necesidades tecnológicas del sector industrial, con la inclusión de profesionales conocedores de los sistemas de monitoreo y profundo discernimiento en cuanto al principio de generación y control de los sistemas de vapor.

La simulación de un sistema de generación de vapor permitirá a los estudiantes una formación teórico-práctica con equipos de laboratorio última tecnología, para de esta manera estar a la par con los adelantos de la ciencia aplicada, logrando un mejoramiento continuo y fomentando la investigación.

Optimizar el proceso de aprendizaje en generación de vapor traerá muchos beneficios y evitará riesgos como por ejemplo: el bajo costo de aprendizaje, la incentivación al permanente control del sistema, la alta confiabilidad en el monitoreo, la disponibilidad y sobre todo integrará al estudiante a la interacción con nuevos desarrollos tecnológicos.

Para la simulación y monitoreo de las variables del caldero se utilizó el software LabVIEW cuya licencia fue provista por la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento; además accesorios electrónicos, muebles y enceres a cargo de los estudiantes cuyo compromiso fue el desarrollo del presente trabajo de tesis.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Desarrollar un software de simulación con LabVIEW, para el encendido y monitoreo de las variables del caldero de la Facultad de Mecánica.

1.3.2. Objetivos específicos

- Investigar sobre los equipos y software inmersos en la tesis.
- Desarrollar un software que permita la simulación del encendido y monitoreo de las variables de un caldero con LabVIEW.
- Realizar pruebas de buen funcionamiento.
- Desarrollar un plan de mantenimiento del sistema.
- Desarrollar las guías prácticas para los estudiantes.

C A P Í T U L O I I

2. MARCO TEÓRICO

2.1. LabVIEW

Es una herramienta de programación gráfica, esto quiere decir que utiliza íconos en lugar de líneas de texto para crear aplicaciones, es altamente eficaz para la construcción de sistemas de adquisición de datos, instrumentación y control, además nos brinda una capacidad de crear una interfaz de interacción con el usuario para las aplicaciones antes mencionadas. La palabra LabVIEW viene de las siglas en inglés de: Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench.

La interfaz de usuario es conocida como el panel frontal (Front Panel), este se construye con una serie de herramientas y objetos que no son otra cosa que entradas y salidas interactivas respectivamente. El código se agrega usando una representación gráfica de funciones para controlar los objetos del panel frontal.

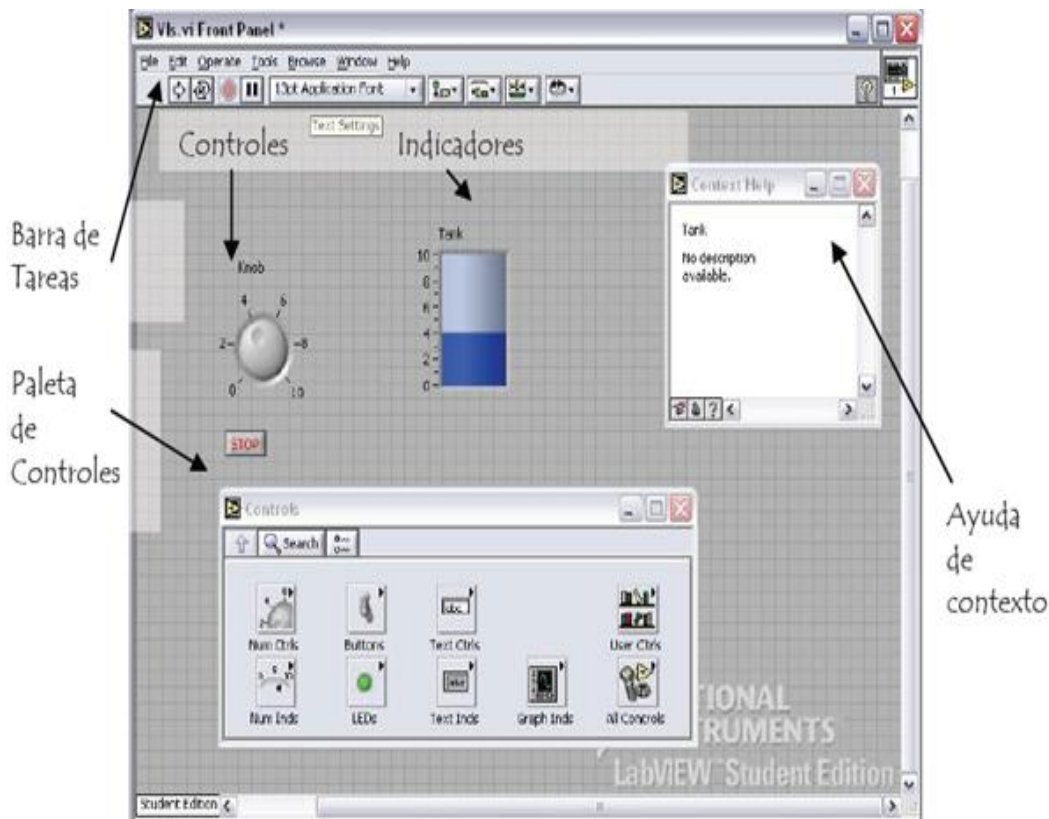


Figura 2.1: Vista del panel frontal.

El diagrama de bloques (block diagram), se parece a un gráfico de flujo de señal esta parte es semejante a las instrucciones que encontramos en los programas convencionales, aquellos en los que se compila a base de texto, sólo que aquí en vez de utilizar código se utilizan bloques y sólo hay que ir determinando el flujo de datos cuenta con tres tipos de componentes, que son: terminales, nodos y líneas de conexión.

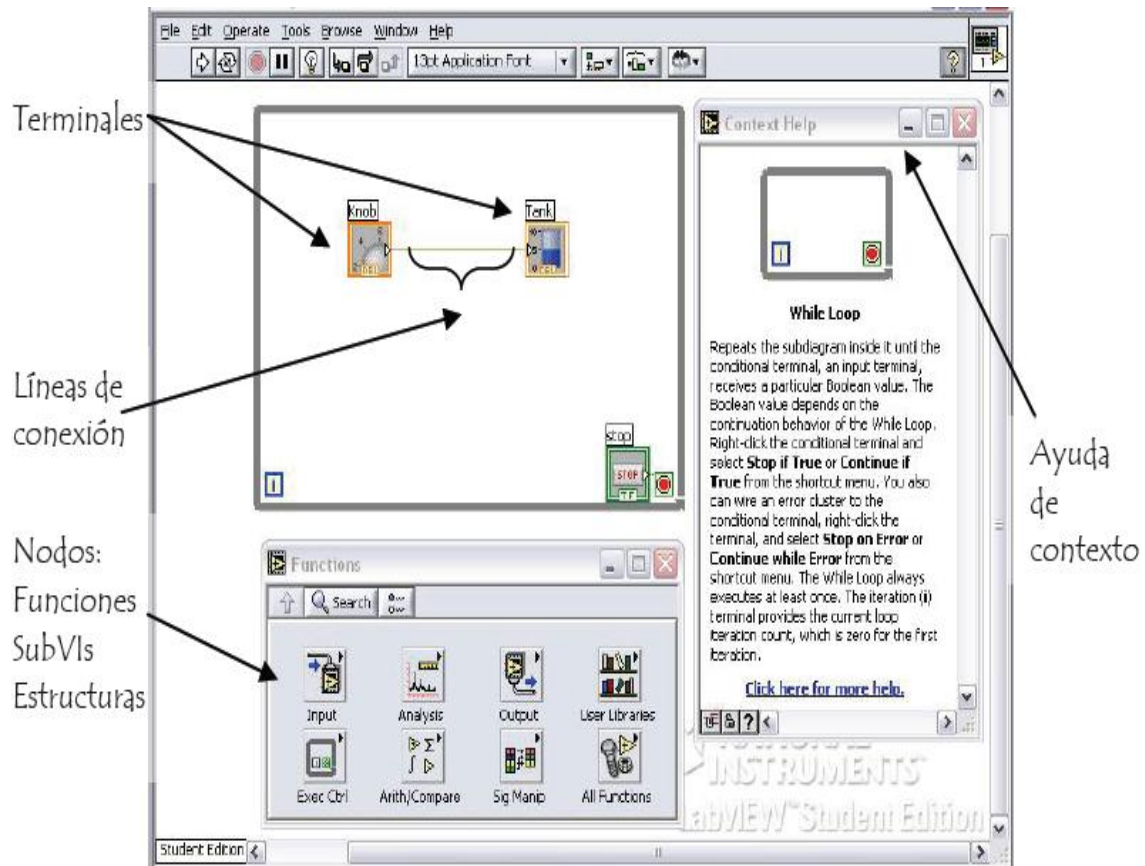


Figura 2.2: Vista del diagrama de bloques.













































Los programas de LabVIEW son llamados Instrumentos Virtuales (VI, por sus siglas en inglés) porque su apariencia y operación imita un instrumento físico, como osciloscopios y multímetros.

2.1.1. Tipos de datos en los controles indicadores

La tabla siguiente muestra los símbolos para los diferentes tipos de datos que se puedan manejar en los VI's. Es de gran importancia conocer los datos que se están manejando, cada uno de los tipos de datos es representado por un color, dependiendo de lo que se esté utilizando. Hay que mencionar también que las terminales tienen una flecha, si esta es de salida se refiere a un control y si esta es de entrada se trata de un indicador. El color de las líneas de conexión

salientes de cada una de las terminales de control es correspondiente al color del tipo de datos que se está manejando. Para los nodos, es diferente, dependiendo del tipo de dato que se esté manejando.

Tabla 2.1: TIPOS DE DATOS EN LabVIEW .

CONTROL	INDICADOR	TIPO DE DATO	COLOR
		Single-precision floating-point numeric	Orange
		Double-precision floating-point numeric	Orange
		Extended-precision floating-point numeric	Orange
		Complex single-precision floating-point numeric	Orange
		Complex Double-precision floating-point numeric	Orange
		Complex Extended-precision floating-point numeric	Orange
		8-bit signed integer numeric	Blue
		16-bit signed integer numeric	Blue
		32-bit signed integer numeric	Blue
		8-bit unsigned integer numeric	Blue
		16-bit unsigned integer numeric	Blue
		32-bit unsigned integer numeric	Blue
		Boolean	Green
		String	Pink
		Cluster –Abarca muchos tipos de datos, los datos del cluster pueden ser cafés si son elementos numéricos, rosados si son datos diferentes.	Brown or Pink
			
		Dynamic	Blue
		Waveform –Estos llevan no sólo datos, si no también tiempo y un Δt de la waveform.	Brown
		Digital Waveform	Dark Green
		Digital Data	Dark Green
		I/O name –Datos procedentes de algún dispositivo de adquisición de datos	Purple
		Picture	Blue

Como se puede observar en la tabla anterior existen muchos tipos de datos que LabVIEW maneja, es importante conocer cada uno de ellos puesto que es común que muchas veces no se puede terminar un VI por el simple hecho de no hacer una conversión de datos.

2.2 Adquisición de datos

Se entiende por adquisición de datos a la acción de medir variables, convertirlas a formato digital, almacenarlas en un computador y procesarlas en cualquier sentido. Este proceso necesita de una "interface" entre el mundo físico y el computador que se suele denominar como tarjeta de adquisición de datos.

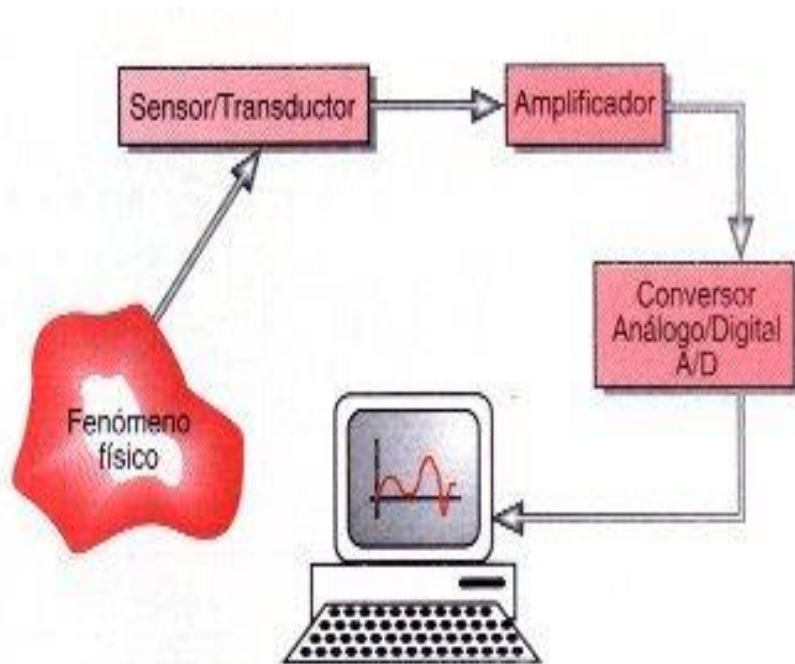


Figura 2.3: Adquisición de datos analógicos.

El proceso de adquisición de datos del mundo físico conlleva los siguientes pasos fundamentales:

1. Utilización de un sensor/transductor adecuado para la variable que se desea medir, el cual permite detectar y convertir la variable física a una señal analógica de voltaje o corriente eléctrica.
2. Amplificación de la señal de voltaje o corriente, si se requiere. Si la señal que proviene del sensor es débil, se requiere un amplificador de voltaje y algún método para filtrar los ruidos eléctricos.
3. Traducción de esta señal analógica al lenguaje propio del computador: lenguaje digital. Este proceso se conoce técnicamente como conversión ANALOGO/DIGITAL (A/D).
4. Adquisición propiamente dicha de los datos que, en forma digital, podrán ser almacenados en la memoria del micro y llevados luego a pantalla o a otro periférico del computador.

2.2.1. Tarjeta de adquisición de datos

Para que una tarjeta pueda procesar datos analógicos para presentarlos a una computadora, necesariamente debe contar con un conversor analógico digital (ADC).

Un ADC (Convertidor analógico - digital por sus siglas en inglés) se encarga de convertir un valor analógico de voltaje a su correspondiente combinación binaria. Para realizar esta operación se requiere un sensor, que es el encargado de leer el estado de una variable física de naturaleza analógica y de representar el valor de dicha variable en su apropiado valor de voltaje.

El sensor lee la variable física y entrega una señal eléctrica que está dentro de un rango de valores de voltaje, siendo éste el que tenemos que hacer llegar al ADC del microcontrolador. Teniendo en cuenta que el ADC mide variaciones de voltaje, el sensor tiene que adecuarse con respecto del rango mínimo y máximo que puede leer la entrada del ADC. Para que el ADC pueda realizar una conversión del valor analógico, se le tiene que agregar un voltaje de referencia, porque éste es el que indica precisamente cuál es el rango de operación de la entrada del ADC.

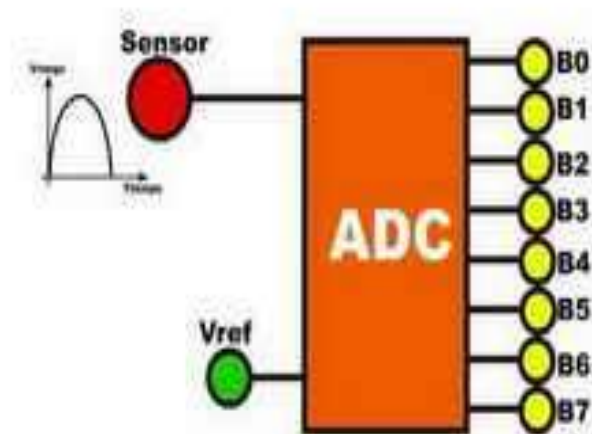


Figura 2.4: Convertidor analógico - digital

El rango de operación expresado en volts sea de la magnitud que sea, se divide en tantas partes como número de bits posea el ADC, de acuerdo al ejemplo mostrado en la figura siguiente:

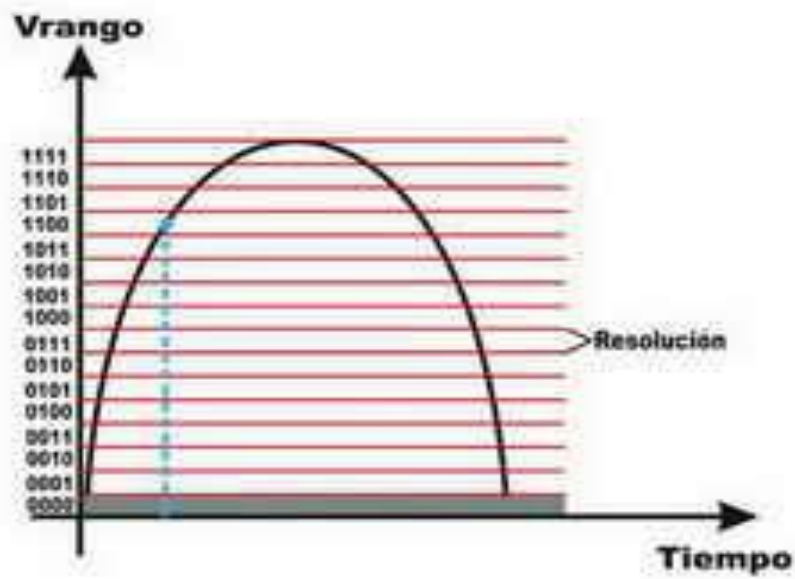


Figura 2.5: Rango de operación.

2.2.2. Resolución

La resolución del ADC nos indica cuánto tiene que variar el voltaje que entrega el sensor para que exista un cambio en la combinación binaria correspondiente, la cantidad de valores analógicos que el ADC puede digitalizar, está en función del número de muestras que puede adquirir. Para ello se establece, de manera automática, un período estable de tiempo durante el cual el ADC obtendrá las muestras, tal como se ilustra en la figura.

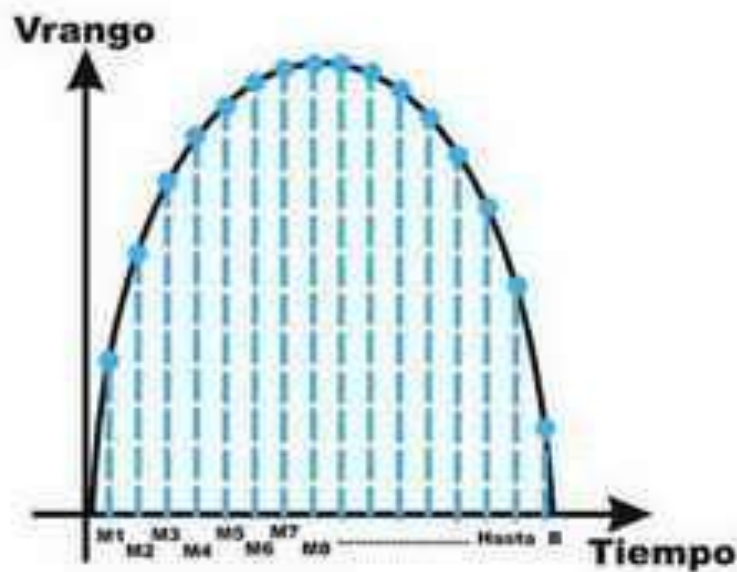


Figura 2.6: Digitalización de valores analógicos.

2.2.3. Tipos de tarjetas comunes

Existen tarjetas para PCI, PXI y PC Portátil, a continuación se hace mención de una de las más comunes.

2.2.3.1. Tarjeta DAQ-6024E

La DAQ-6024E consta de los siguientes bloques:

1. Un multiplexor para seleccionar los canales analógicos y el modo de funcionamiento de los canales de entrada.
2. Un amplificador de instrumentación de ganancia programable (PGIA) detrás del multiplexor. El PGIA es el encargado de que al ADC le llegue el nivel de tensión adecuado, que corresponde a un margen dinámico de $[-5V, 5V]$.
3. A continuación, el convertidor A/D de 12 bits.
4. Dos convertidores digital-analog DAC1 y DAC2 para dos salidas analógicas independientes. La resolución de los DACs es de 12 bits.
5. Un puerto de 8 entradas digitales.
6. Dos contadores.

2.3. Caldero

Un caldero es un dispositivo que está diseñado para generar vapor saturado. Este vapor saturado se genera a través de una transferencia de energía (en forma de calor) en la cual el fluido, originalmente en estado líquido, se calienta y cambia de estado. La transferencia de calor se efectúa mediante un proceso de combustión que ocurre en el interior del caldero, elevando progresivamente su presión y temperatura.

Los calderos se clasifican por su diseño en pirotubulares o acuotubulares. Sin embargo, pueden ser clasificadas desde otros aspectos, que incluyen, por el tipo de materiales de que están contruidos, por su aplicación, por la forma de toma de aire, por el tipo de combustible que utilizan, por la presión con que operan o por el fluido portador de calor que emplean.

2.3.1. Clasificación de los calderos

Por su configuración

- Vertical

- H o r i z o n t a l

P o r e l m e c a n i s m o d e t r a n s m i s i ó n d e c a l o r d o m i n a n t e

- C o n v e c c i ó n
- R a d i a c i ó n
- R a d i a c i ó n y C o n v e c c i ó n

P o r e l c o m b u s t i b l e e m p l e a d o

- C o m b u s t i b l e s s ó l i d o s
- C o m b u s t i b l e s l í q u i d o s
- C o m b u s t i b l e s g a s e o s o s
- C o m b u s t i b l e s e s p e c i a l e s (L i c o r n e g r o , b a g a z o , e t c .)
- D e r e c u p e r a c i ó n d e c a l o r d e g a s e s
- M i x t a s
- N u c l e a r e s

P o r e l t i r o

- D e t i r o n a t u r a l
- D e h o g a r p r e s u r i z a d o
- D e h o g a r e q u i l i b r a d o

P o r e l m o d o d e g o b e r n a r l a o p e r a c i ó n

- D e o p e r a c i ó n m a n u a l
- S e m i a u t o m á t i c o s
- A u t o m á t i c o s

P o r l a d i s p o s i c i ó n d e l o s f l u i d o s

- A c u a t u b u l a r e s

En este tipo de calderos el agua circula por el interior de los tubos y manejan presiones de operación de 0-2200 PSIG .

- **Pirotubulares**

En este tipo de calderos los gases de combustión circulan por el interior de los tubos y manejan presiones de operación de 0-300 PSIG .

Ventajas:

- Menor costo inicial debido a la simplicidad de su diseño.
- Mayor flexibilidad de operación.
- Menores exigencias de pureza en el agua de alimentación.
- Son pequeños y eficientes.

Inconvenientes:

- Mayor tiempo para subir presión y entrar en funcionamiento.
- No son empleables para altas presiones.

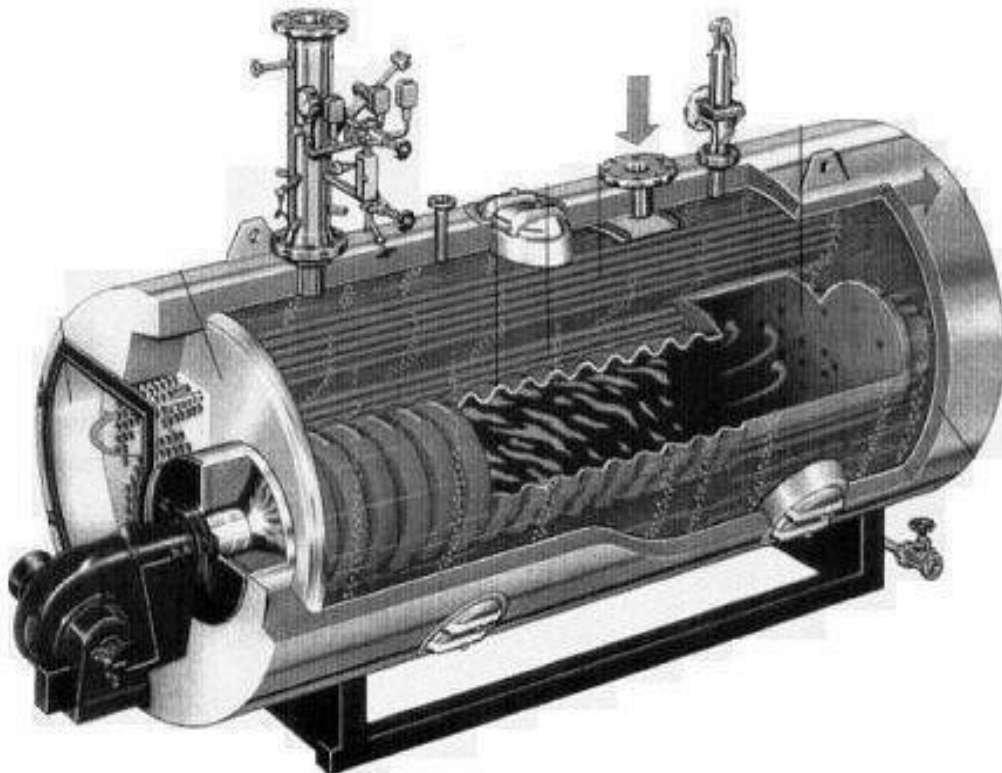


Figura 2.7: Caldero pirotubular.

2.3.2. Partes del caldero pirotubular

- Cuerpo
- El Quemador
- Accesorios de control
- Accesorios de seguridad
- Equipos auxiliares

2.3.3. Funcionamiento de un caldero de vapor pirotubular

El funcionamiento de estos calderos se podría describir de la siguiente manera. Como primer punto el combustible se quema en un hogar, en donde se lleva acabo la transmisión de calor por radiación. De la quema del combustible se obtienen gases resultantes los cuales se les hace circular a través de los tubos que constituyen el haz tubular del caldero, y donde tiene lugar el intercambio de calor por conducción y convección, el agua calentada o vapor se levanta de la superficie del agua, se vaporiza y es colectada en una o varias cámaras o tambores. El tamaño del tambor determina la capacidad de producción de vapor. En la parte superior del tambor de vapor se encuentra la salida o el llamado "Cabezal de vapor", desde donde el vapor es conducido por tuberías a los puntos de uso.

En la parte superior del hogar mecánico se encuentra una chimenea de metal o de ladrillo, la cual conduce hacia fuera los productos de la combustión como gases. En el fondo del caldero, normalmente opuesto del hogar mecánico, se encuentra una válvula de salida llamada "purga de fondo". Por esta válvula salen del sistema la mayoría del polvo, lodos y otras sustancias no deseadas, que son purgadas del caldero.

En conjunto al caldero existen múltiples controles de seguridad, para aliviar la presión si esta se incrementa mucho, para apagar la flama si el nivel del agua es demasiado bajo o para automatizar el control de nivel del agua. Un tubo de vidrio con una columna de agua generalmente se incluye, para mostrarle al operador el nivel interno del agua en el caldero.

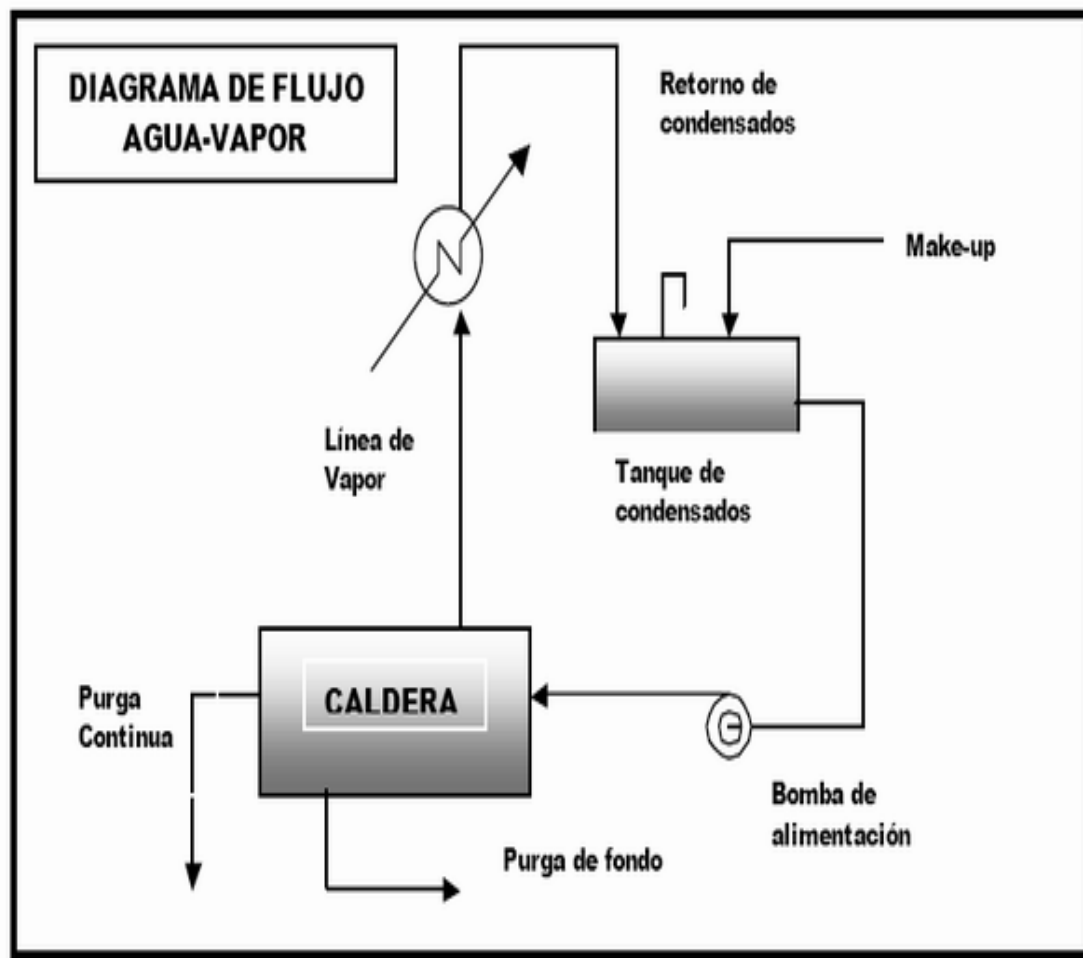


Figura 2.8: Diagrama de flujo agua-vapor.

2.4. Encendido y variables de un caldero[1]

2.4.1. Pasos previos al arranque

1. Determine el tipo de arranque requerido:
 - a. Arranque en frío.- Es cuando el caldero y sus componentes están a temperatura ambiente y no han sido operados por un largo tiempo (por mantenimiento).
 - b. Arranque en caliente.- Significa que el caldero y sus componentes han estado en operación reciente, de pasos previos para que el equipo obtenga la temperatura de operación.
2. Verificar el nivel de agua del caldero.
3. Cerrar todos los desagües, y purgas.
4. Colocar el sistema de control del caldero en línea y comenzar el arranque.

5. Energizar el sistema de control y encender el caldero al modo de operación "AUTOMÁTICO".

2.4.2. Pasos a seguir para el encendido

1. Colocar el interruptor de desconexión de energía del caldero en la posición de encendido "ON", para proporcionarle energía al sistema de control del quemador.
2. Arranque los sistemas de inyección de químicos, alimentación de agua y llene el caldero.
3. Después de llenar el caldero, probar el interruptor de bajo nivel de agua, para asegurar el funcionamiento de control de bajo nivel.
4. Verificar la bomba de combustible, la bomba circulará aceite desde y hacia el tanque de combustible.
5. Si el caldero está siendo arrancada como una operación en frío (agua fría en el caldero) el quemador debe permanecer en el modo de Bajo Fuego durante un corto tiempo para permitir que el caldero se caliente lentamente.
6. Una vez que el motor del quemador arranca, observe la secuencia de operación. La secuencia exacta es mostrada en el programador del caldero.

2.4.2.1. Secuencia de operación

La secuencia de operación es indicada por la posición del cronómetro alcanzada en el ciclo de operación del quemador.

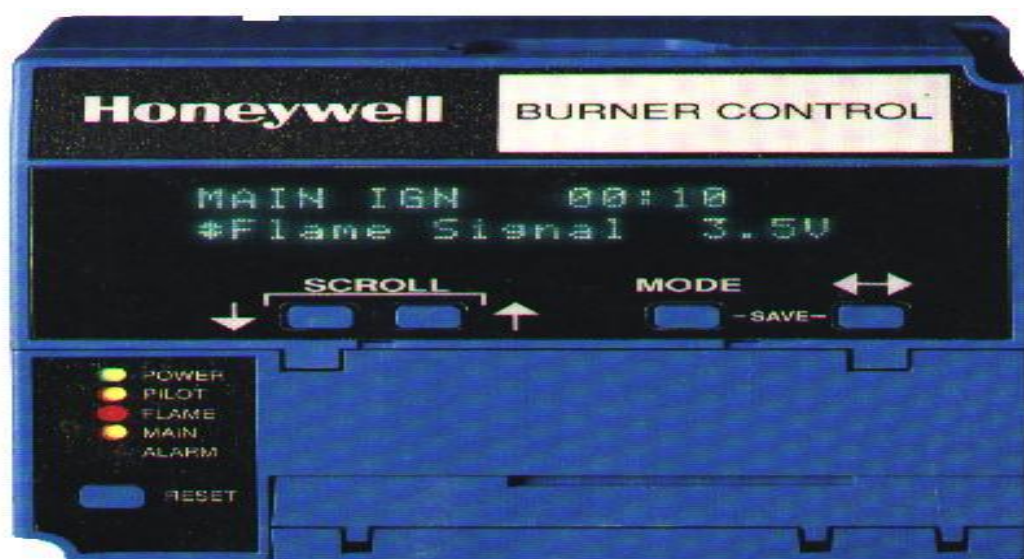


Figura 2.9: Indicador de la secuencia de operación.

La secuencia siguiente ocurre con el programador activado y con las otras condiciones de operación satisfechas:

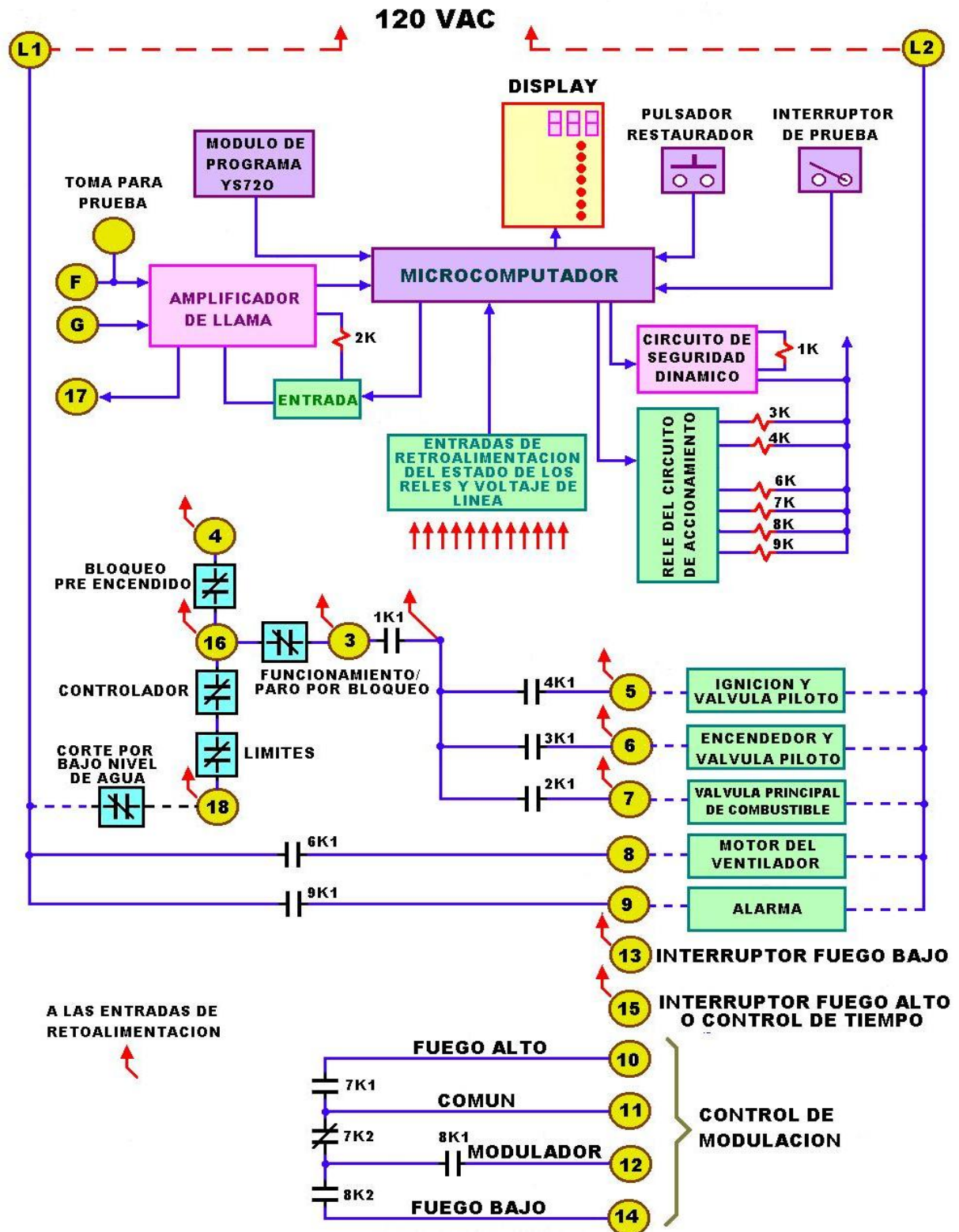


Figura 2.10: Programador.

2.4.2.2. Período de pre-purga

Cuando el interruptor del quemador se enciende, la corriente llega a las terminales 3 y 4 a través de los controles limitadores. El relevador 1K se activa. La corriente también se dirige al arranque del motor del ventilador y al motor del cronómetro. Las terminales 10 y 13 del programador se activan para llevar corriente al actuador de compuerta lo, cual comienza a mover la compuerta a la posición abierta o alta alimentación. Esto permite un flujo de aire de purga a través del caldero antes de la ignición.

Cuando se activan las terminales 10 y 13, se completa el circuito del potenciómetro de alta alimentación, y el actuador de compuerta se moverá a la posición abierta o de alta alimentación. Cuando se activan las terminales 10 y 16 se conecta el circuito del potenciómetro de baja alimentación y el motor regresará a su posición cerrada o de baja alimentación. En cualquier caso, ni, el control manual de la llama, ni el control modulador, ni el interruptor manual-automático, tienen efecto alguno en el actuador de compuerta.

El circuito de entrecierre de funcionamiento a la terminal 12 debe complementarse antes de 10 segundos después que comienza la rotación del cronómetro.

La continuidad de los entrecierres abajo enumerados completa este circuito lo que permite que la secuencia continúe.

- El entrecierre del arranque del motor del ventilador se conectan al circuito para probar que el arranque ha sido activado y para interrumpir el circuito si por cualquier razón se necesita desactivar el arranque.
- El interruptor de prueba del aire de combustión se activa con presión del aire del ventilador de tiro forzado para probar la presencia de aire de combustión.
- El interruptor de la cámara del aceite debe encenderse cuando se encienda el aceite combustible para comprobar que el inyector del aceite quemador está en su posición correcta. El interruptor de la prueba del aire atomizado debe estar cerrado para indicar la presencia de aire del compresor de aire antes de completarse el circuito de la válvula de combustible. En caso que alguno de estos no cierren este momento o si se abren subsecuentemente, el relevador 1K se desactiva. El cronómetro completará su revolución a la posición inicial y el programador comenzará un nuevo ciclo.

El quemador no enciende si por cualquier razón se retira el relevador de la llama. El ciclo de la ignición no puede iniciarse si por cualquier razón se mantiene en su lugar el

relevador de la llama, después de los primeros 15 segundos de la pre-purga. En su lugar, el cronómetro completará su revolución y se detiene en la posición inicial.

2.4.2.3. Período de la ignición (indicador en “piloto e ignición”)

El transformador de la ignición y la válvula del piloto reciben corriente de la terminal. La llama del piloto se enciende, y tan pronto es detectada, se activa el relevador de la llama 2K.

La llama del piloto debe establecerse y comprobarse antes de los 10 segundos a fin de que continúe el ciclo de la ignición. Si por cualquier razón esto no ha sucedido, el sistema se paralizará.

Con el piloto comprobado, la válvula principal del combustible se activará por medio de la terminal 7. También se activa la luz indicadora de la válvula de combustible y se enciende la llama principal.

Después de los 15 segundos de la prueba de llama principal, se corta la corriente a la terminal 6 desactivando el transformador de la ignición y la válvula del piloto. La llama del piloto se apaga. Si por cualquier razón no enciende o permanece encendida la llama principal, el relevador 2K se desconecta causando el cierre de la válvula de combustible. El interruptor de seguridad se desactiva para desconectar el control.

2.4.2.4. Indicador en el quemador principal

Con la llama principal establecida, las terminales 10 y 11 se activan para transferir el circuito del motor modulador a control manual de la llama o al control de modulación dependiendo del ajuste del control manual-automático. Esto permite la operación a ajustes mayores de baja alimentación.

Con el interruptor manual-automático colocado en “automático”, la modulación subsecuente estará bajo el mando del control de modulación el cual regula la posición del motor modular. La compuerta de aire y la válvula medidora, controlada por levas se activan por el motor por medio de una interconexión y el montaje de la leva para suministrar velocidades de encendido moduladas.

La operación normal del quemador deberá ser con el interruptor en la posición “automática” y bajo la dirección del control de modulación.

Este es el final del ciclo del arranque del quemador. El cronómetro se detiene. La demanda del encendido del caldero continúa como lo requieran las condiciones de carga.

2.4.2.5. Apagado del quemador (indicador en “post-purga”)

El quemador permanecerá encendido hasta que se genere presión de vapor o temperatura del agua en exceso de la deseada. En encendido modulado el, el motor modulador deberá regresar a la posición de baja alimentación antes de que se abra el control limitador de operación. La secuencia siguiente ocurre cuando se abra el circuito del control limitador:

1. El relevador 1K se desconecta. La válvula principal de combustible se desactiva y se cierra. La llama se apaga y el relevador 2K se desconecta. El motor del ventilador continúa forzando aire a través del caldero en un período de post-purga. Las luces indicadoras de la demanda de carga y de la válvula de combustible se apagan. El cronómetro comienza a girar.
2. Las terminales 10-11 se abren y las terminales 10-16 se cierran. El actuador de compuerta regresa a la posición de baja alimentación, si es que no lo está.
3. Al final del ciclo de operación, el circuito del terminal 8 se abre y desactiva el motor del ventilador. La válvula de la purga de aire se cierra. El cronómetro se detiene al llegar a su posición original.
4. El control está ahora listo para el ciclo subsiguiente y cuando cae la presión del vapor o la temperatura del agua para cerrar los contactos del control de operación, el quemador comienza de nuevo su ciclo de arranque y operación.

2.4.3. Variables del caldero [2]

2.4.3.1. Nivel de agua

Es importante mantener cierto nivel de agua dentro del caldero, ya que si el nivel de agua interno cae demasiado, el caldero se puede quemar. Por ello es importante estar siempre en guardia. Un caldero de vapor necesita agua para refrescar las superficies de metal. Sin un nivel correcto de agua el calor se acumula rápidamente. Demasiado calor crea una condición de funcionamiento muy peligrosa.

Los fabricantes de calderos siempre han regulado los requisitos de seguridad mínimos respecto al nivel de agua para cada equipo que producen.

Los controles de nivel de agua ayudan a hacer cumplir esos requisitos de dos maneras:

- Manteniendo un nivel del agua mínimo seguro dentro del caldero.
- Enviando una señal para apagar el quemador si el agua desciende por debajo de ese punto.

El nivel del agua apropiado de un caldero de vapor es hasta los dos tercios del vidrio de nivel. A medida que la caldera funcione, el agua se convertirá rápidamente en vapor y saldrá del sistema, llegando al mínimo nivel de agua que es $2/3$ " menos que el nivel máximo.

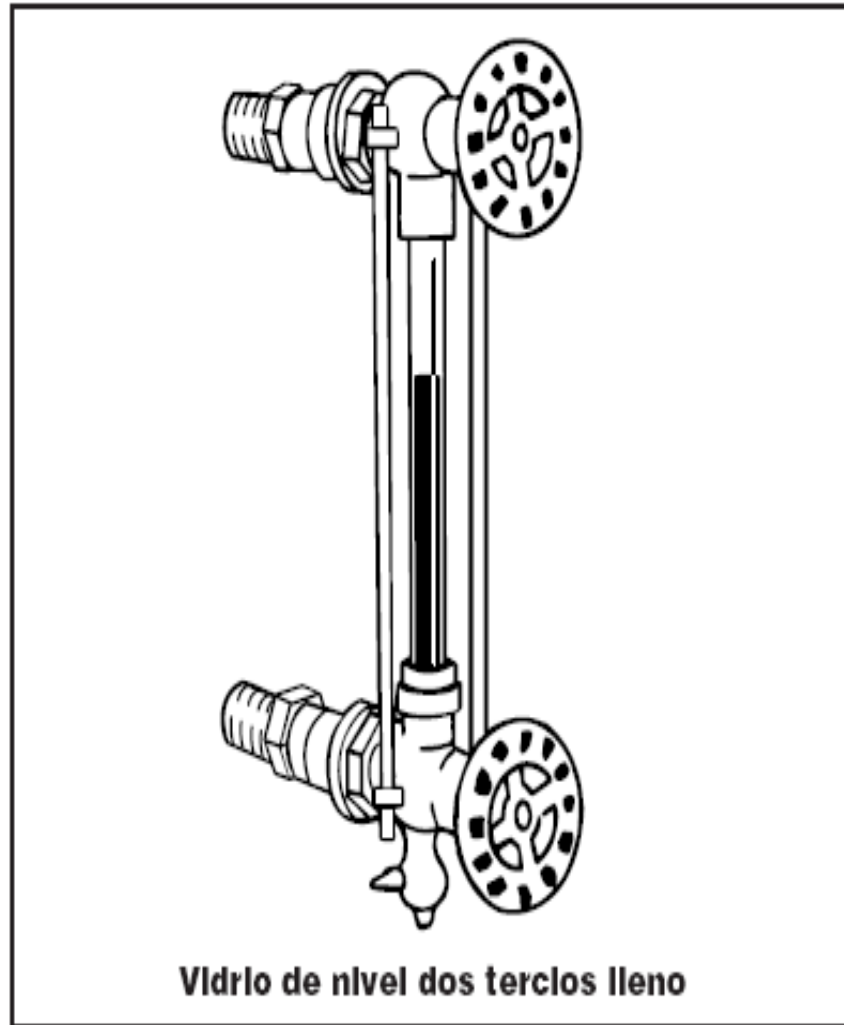


Figura 2.11: Visor del nivel de agua.

2.4.3.2. Presión del aire para la combustión

El aire para la combustión del combustible (aire secundario) es suministrado por el ventilador de tiro forzado montado en la puerta delantera del caldero. Durante la operación la presión del aire se acumula en todo el cabezal y es forzada a través de una placa difusora para lograr una mezcla completa con el combustible para una combustión apropiada. El suministro de aire secundario al quemador se controla al reducir automáticamente la velocidad de salida del ventilador mediante la regulación de la compuerta de aire esto suministra la cantidad adecuada de aire para la relación correcta de aire a combustible para una eficiente combustión en toda la escala del encendido.

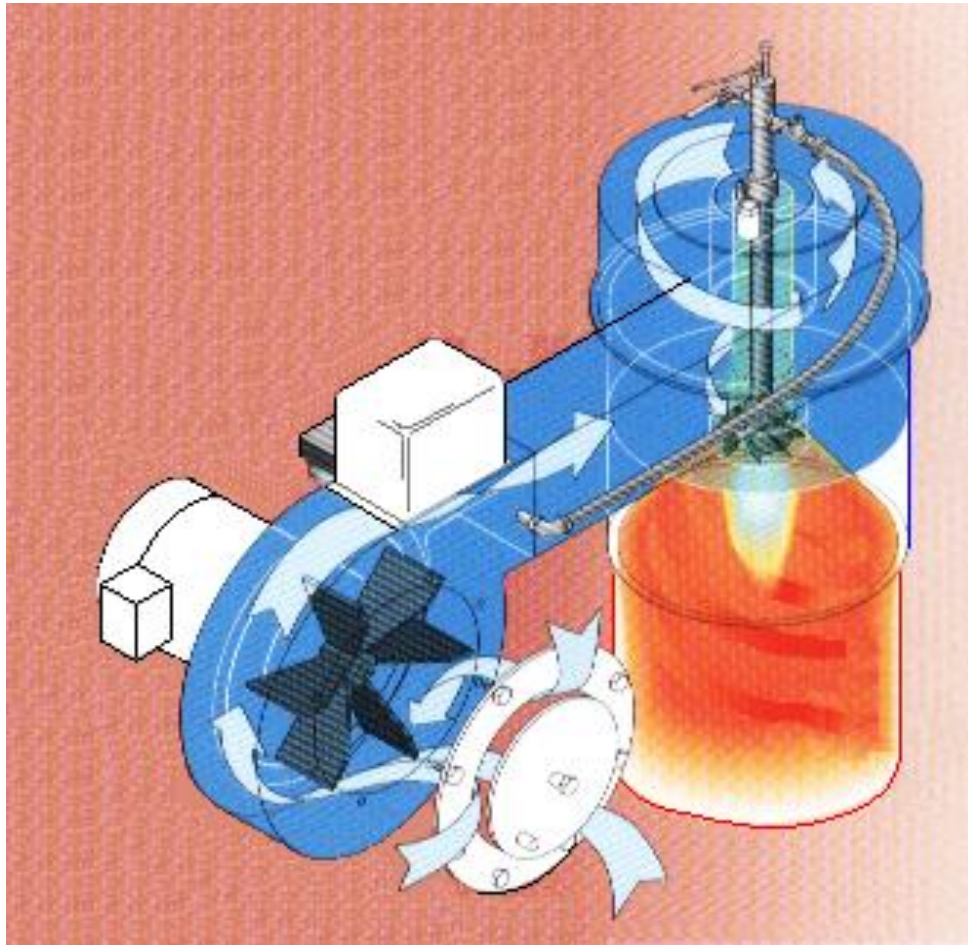


Figura 2.12: Modulador.

2.4.3.3. Presión del aire atomizado

El aire para atomizar el aceite combustible (aire primario) se abastece de la bomba de aire al tanque receptor aire-aceite y se lleva bajo presión a través del bloque de distribución a la boquilla del quemador de aceite.

El aire atomizado se mezcla con el aceite combustible un poco antes que el aceite salga de la boquilla.

La presión del aire atomizado se indica en el indicador de la presión de aire en el quemador.

La presión del aire de la bomba también impulsa suficiente aceite del tanque a los cojinetes de la bomba para su lubricación y también para proveer un sello y lubricación a las paletas de la bomba. Como resultado, el aire que llega al tanque contiene un poco de aceite lubricante; sin embargo, la mayor parte se recupera por medio de deflectores y filtros en tanque antes que el aire pase al quemador.

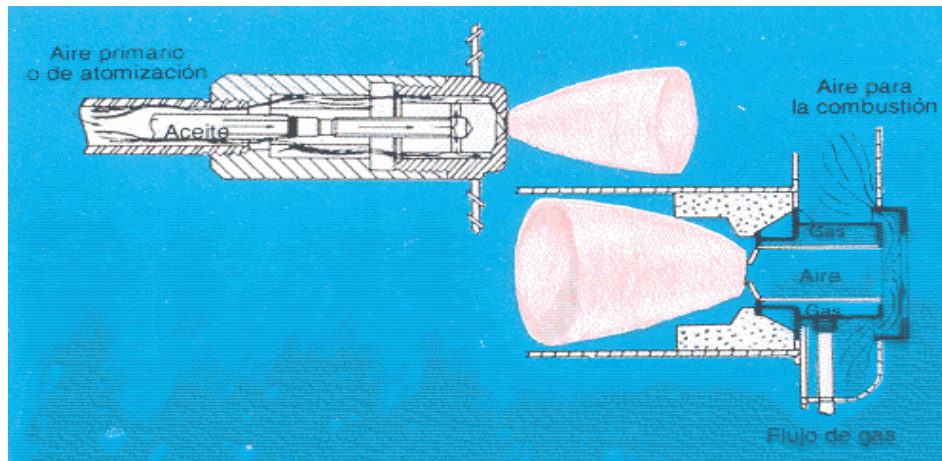


Figura 2.13: Aire para la atomización.

2.4.3.4. Presión y flujo del aceite combustible

El aceite combustible llega al sistema por una bomba alimentadora que distribuye parte de la descarga al quemador de aceite. El exceso de aceite regresa al tanque de almacenamiento por medio de una válvula de desahogo el aceite combustible y la línea de retorno del aceite. Normalmente, la bomba opera solamente cuando el quemador está funcionando, aunque a menudo se provee un interruptor posicionador para que se pueda lograr una operación continua o automática de la bomba.

El aceite fluye a través de un colador del aceite combustible suministrado para evitar que materiales extraños pasen a través de las válvulas de control y la boquilla. El controlador de aceite combustible contiene en una sola unidad, una válvula medidora, un controlador y un indicador requerido para regular la presión y flujo del aceite al quemador. El regulador ajustable controla la presión. Para asistirlo en su regulación, se crea una contrapresión por una boquilla con orificio localizada en la línea de retorno del aceite, inmediatamente corriente abajo del controlador de aceite combustible.

El relevador de programación activa o desactiva las válvulas solenoide del aceite para permitir o parar el flujo del aceite al quemador. Se usan dos válvulas que operan simultáneamente. Estas válvulas se cierran cuando no tienen energía. No pueden abrir (activar) a menos que esté cerrado el interruptor de prueba del aire de combustión y el interruptor de prueba del aire atomiza. Estas se satisfacen, respectivamente, por medio de suficiente presión de aire de combustión desde el ventilador de aire forzado y aire presurizado de la bomba de aire.

El flujo de aceite al quemador se controla por el movimiento del vástago en la válvula medidora del aceite, que varía el flujo para satisfacer las demandas de carga. La válvula medidora y la compuerta de aire se controlan simultáneamente todo el tiempo por el motor modulador para repartir proporcionalmente el aire de combustión y combustible para ajustar a los cambios en las demandas de carga.

2.4.3.5. Alimentación modular

El motor modulador, por medio de un sistema articulado, controla la compuerta de aire y la válvula medidora del aceite para mantener constante la relación aire-combustible durante la serie de encendido.

Durante la operación del quemador, el motor es controlado por un control modulador de la presión. Un potenciómetro operado manualmente se provee para fijar el motor a un rango de encendido del quemador deseado. Esto se usa principalmente para la verificación y ajuste inicial o subsecuente de la entrada de combustible. La operación normal deberá ser con el interruptor manual-automático en la posición "automático".

El motor modulador (actuador de compuerta) es reversible. Tiene un interruptor limitador interno que restringe la rotación del eje a 90°.

Durante la operación normal, el motor se mueve en cualquier dirección o se detiene en cualquier posición de este radio de acción.

El potenciómetro del motor está conectado eléctricamente a un potenciómetro similar en el control modulador. Cambios en la presión del vapor o en la temperatura del agua alteran la resistencia eléctrica del potenciómetro del control modulador. Este cambio en la resistencia causa a un relevador compensador integral a para, arrancar o dar contramarcha a la rotación del motor. La rotación en cualquier dirección continúa hasta que la relación e resistencia de los dos potenciómetros sea igual.

Al lograrse este equilibrio el motor se detiene en una posición que permite el flujo adecuado de combustible y aire de combustión para satisfacer las demandas de operación.

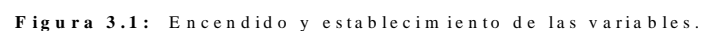
Una característica del circuito es que el motor modulador debe estar en la posición de baja alimentación durante la ignición y permanece así hasta que se establezca la llama principal. Un interruptor de baja alimentación, integrado al motor, se activa por la rotación del motor. El interruptor debe estar cerrado para establecer que la compuerta de aire y las válvulas medidoras de combustible estén en posición de baja alimentación antes que el programador inicie el período de ignición. Durante este período, sin tomar en cuenta sus ajustes

correspondientes ni el nivel manual de la llama ni el control modulador tienen ningún control sobre el motor de la compuerta de aire.

3. DESARROLLO DE UN SOFTWARE DE SIMULACIÓN DEL ENCENDIDO Y MONITOREO DE LAS VARIABLES DE UN CALDERO CON LabVIEW

El software desarrollado es el resultado de la combinación interconectada de circuitos lógicos de cada paso del funcionamiento del caldero en cada sistema, a continuación se detalla cada circuito lógico:

El circuito tiene la opción de encendido e indica todas las variables del sistema, también está diseñado para registrar el número de arranques del caldero y fue trazado al interior de una estructura de secuencia, lo que hace que inevitablemente deba ser activado antes sea active.



El siguiente contorno registra el número de arranques realizados, e indica el número de arranque actual en el panel frontal, adicionando en uno al arranque inmediato anterior registrado.

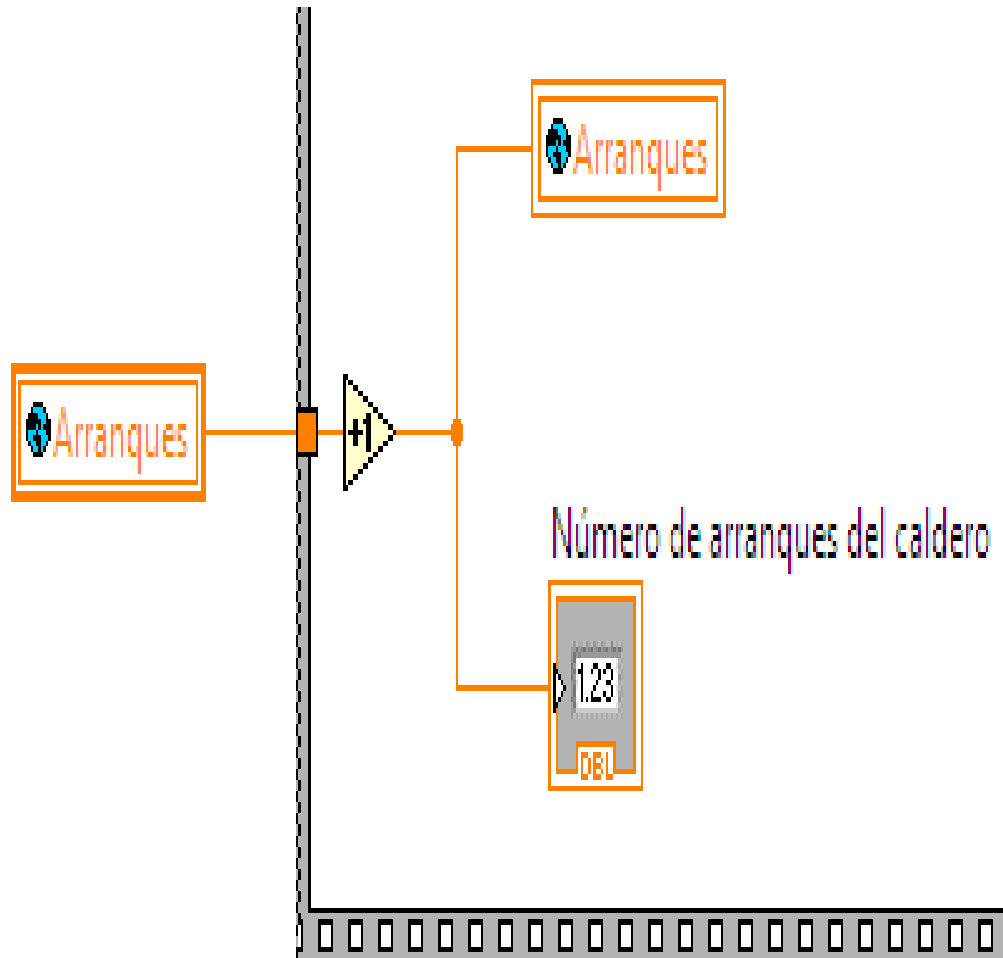


Figura 3.2: Registro de número de arranques de la caldera.

.1.2. Encendido del caldero

- **Encendido de las bombas de condensado, abastecimiento y combustible.-** Al activarse el circuito por medio de un indicador edita en el panel frontal un Aviso que pide el encendido de las bombas. El diseño del entorno es a base de controles booleanos, todos conectados a un mismo operador aritmético, el mismo que solo se activará y dará paso a la simulación de las bombas y ocultará el aviso antes editado al recibir las señales de encendido de los tres controles booleanos. Al ya recibir las señales el operador aritmético da paso a la simulación del funcionamiento de las bombas y las presiones de ellas son indicadas en los manómetros del panel frontal. Cada control se halla interconectado a un indicador booleano que indica el estado de la bomba.

ENCENDIDO

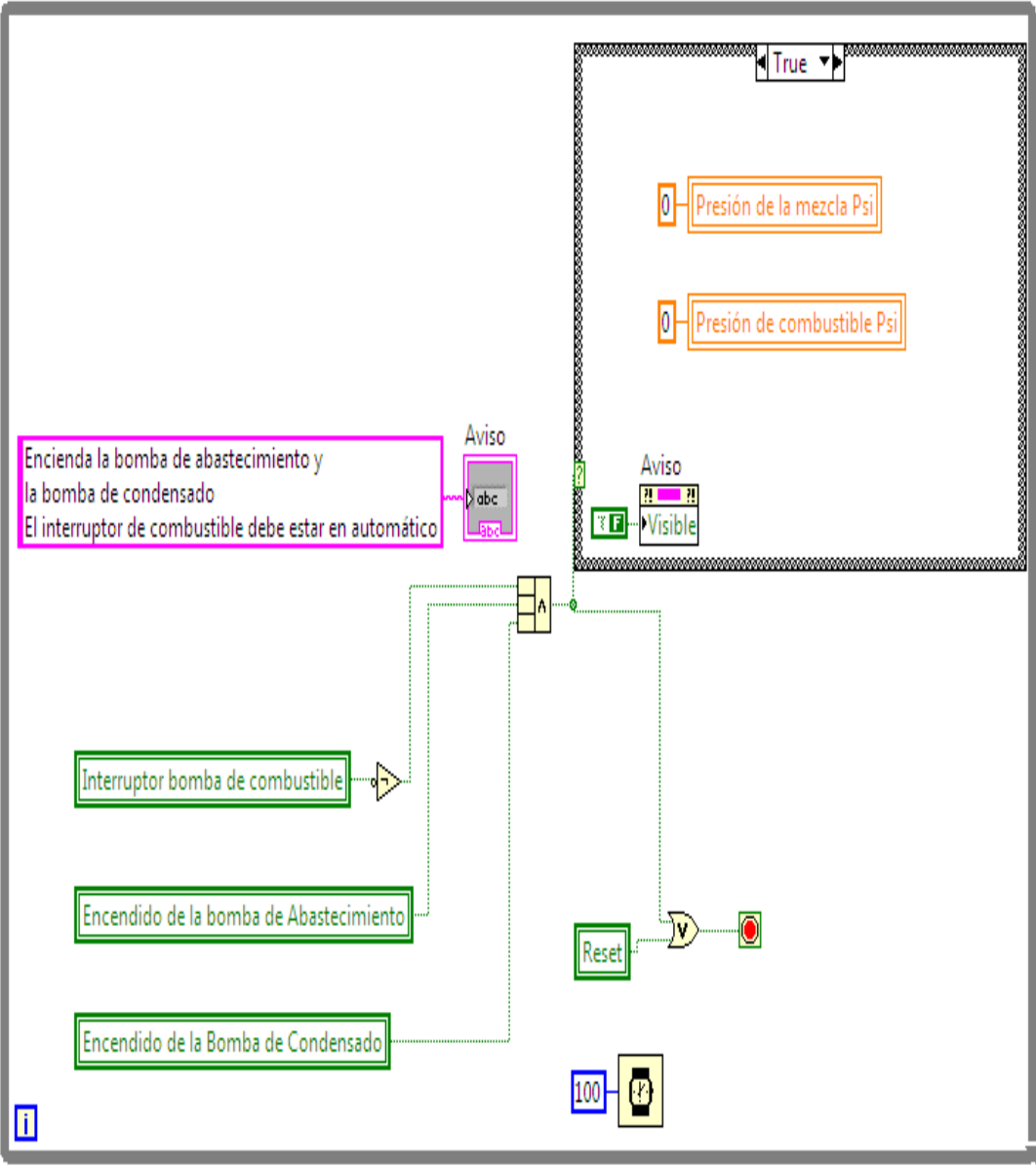


Figura 3.3: Encendido de las bombas de condensado, abastecimiento y combustible.

- **Calibración del reóstato.-** Al cumplirse el paso anterior indicará que debe calibrarse el reóstato para el encendido, el contorno posee un indicador que se activa en el instante en que se inicia el circuito, este indicador edita el aviso 2 en el panel frontal “colocar el reóstato en cuatro”. El circuito usa un operador aritmético que exige que el control del reóstato sea ubicado en cuatro, al cumplirse la condición antes expuesta, el operador envía una señal a una estructura de caso esta actúa como un controlador booleano y al cambiar de estado retira el aviso y da paso al siguiente circuito lógico.

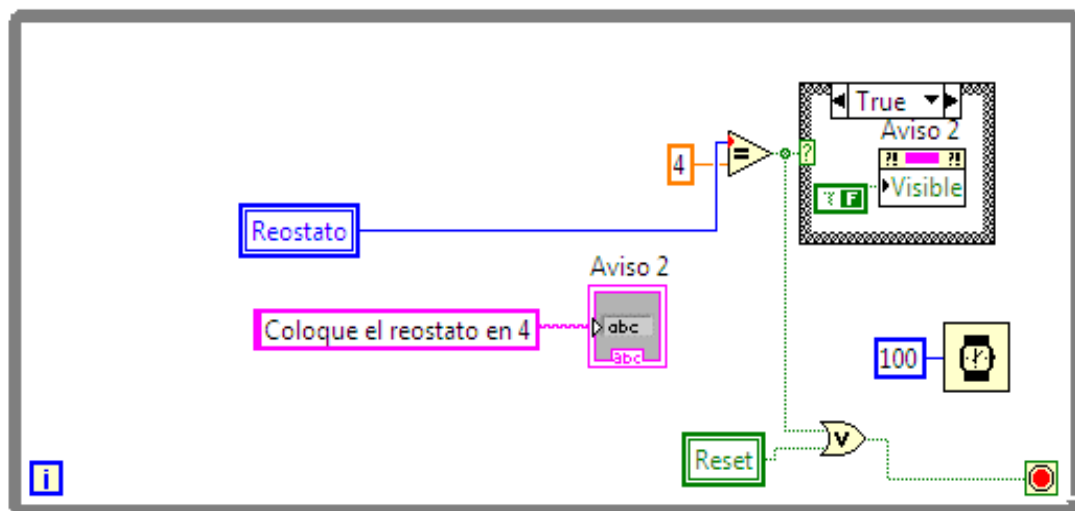


Figura 3.4: Calibración del reóstato.

- Posicionamiento del modulador del caldero.-** Dado que el encendido es manual el circuito permite un acercamiento a la realidad ya que no dará paso al encendido del caldero sino hasta que el modulador sea colocado en manual. El circuito posee un indicador que automáticamente se activa al activarse el circuito y edita el aviso 3 “Coloque el modulador en manual” un controlador booleano interconectado a una estructura de caso que al ser activado (cambiado de posición a “manual”), retira el aviso que pide se elija el tipo de operación del modulador y da paso al siguiente circuito.

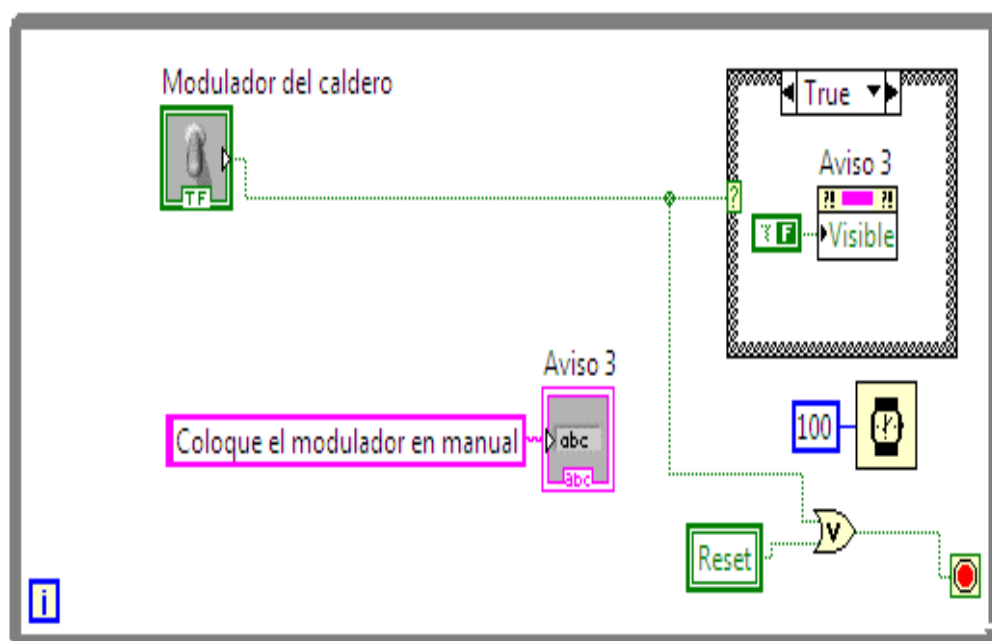


Figura 3.5: Posicionamiento del modulador del caldero.

3.1.3. Arranque del caldero

El diseño del circuito es tal que permite la simulación del arranque de todos los sistemas del caldero:

a. **Aviso del encendido del quemador**

Al activarse el entorno este edita por medio de un indicador en el panel frontal el aviso 4 “Encienda el quemador”.

La opción de encendido es dada por medio de un controlador booleano, mencionado controlador se halla interconectado a una estructura de caso que al ser activada oculta el aviso y activa el siguiente circuito lógico.

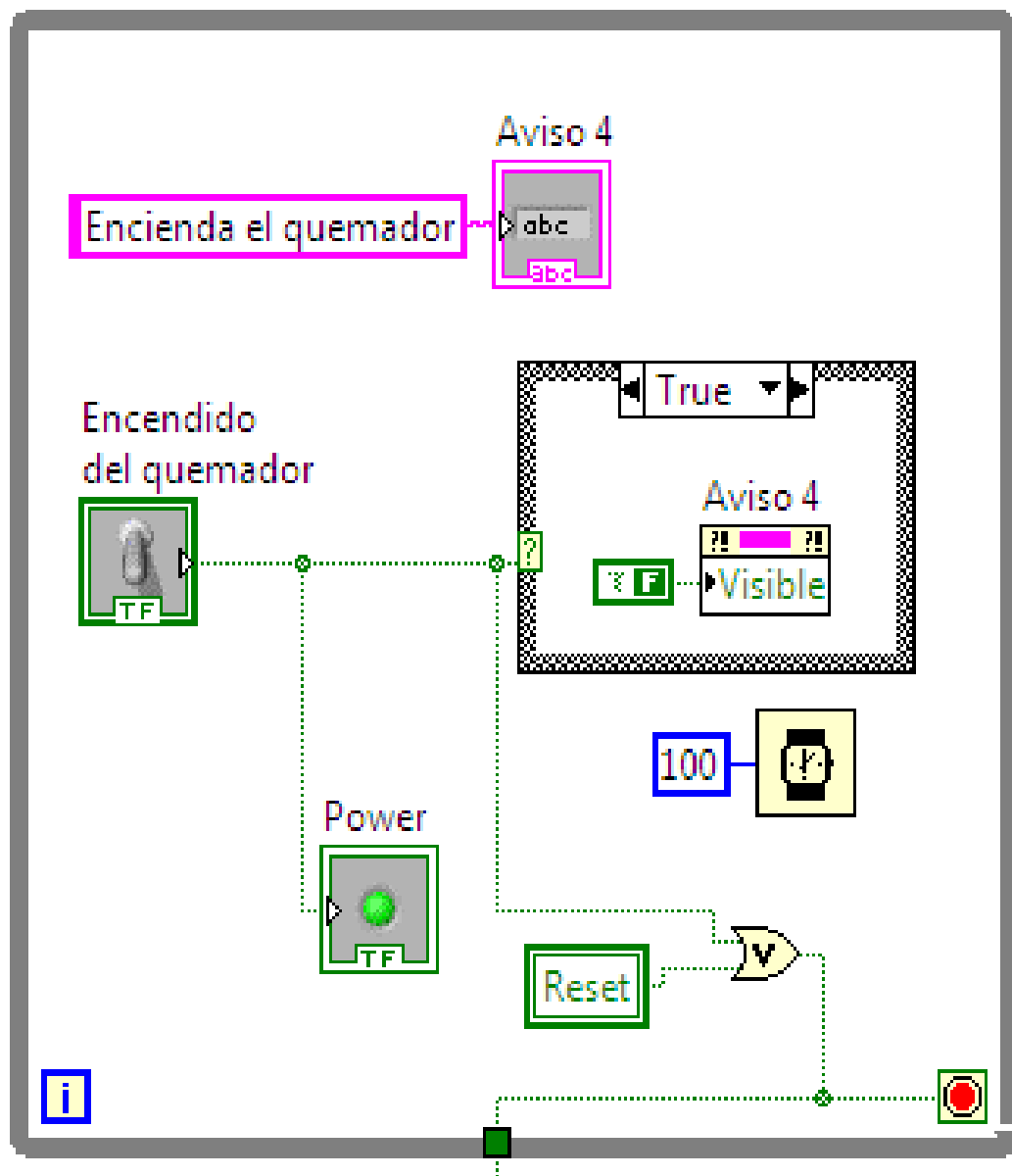


Figura 3.6: Encendido del quemador.

b. Abertura del modulador

El Entorno simula las distintas posiciones del modulador y encendido del compresor durante la pre-purga.

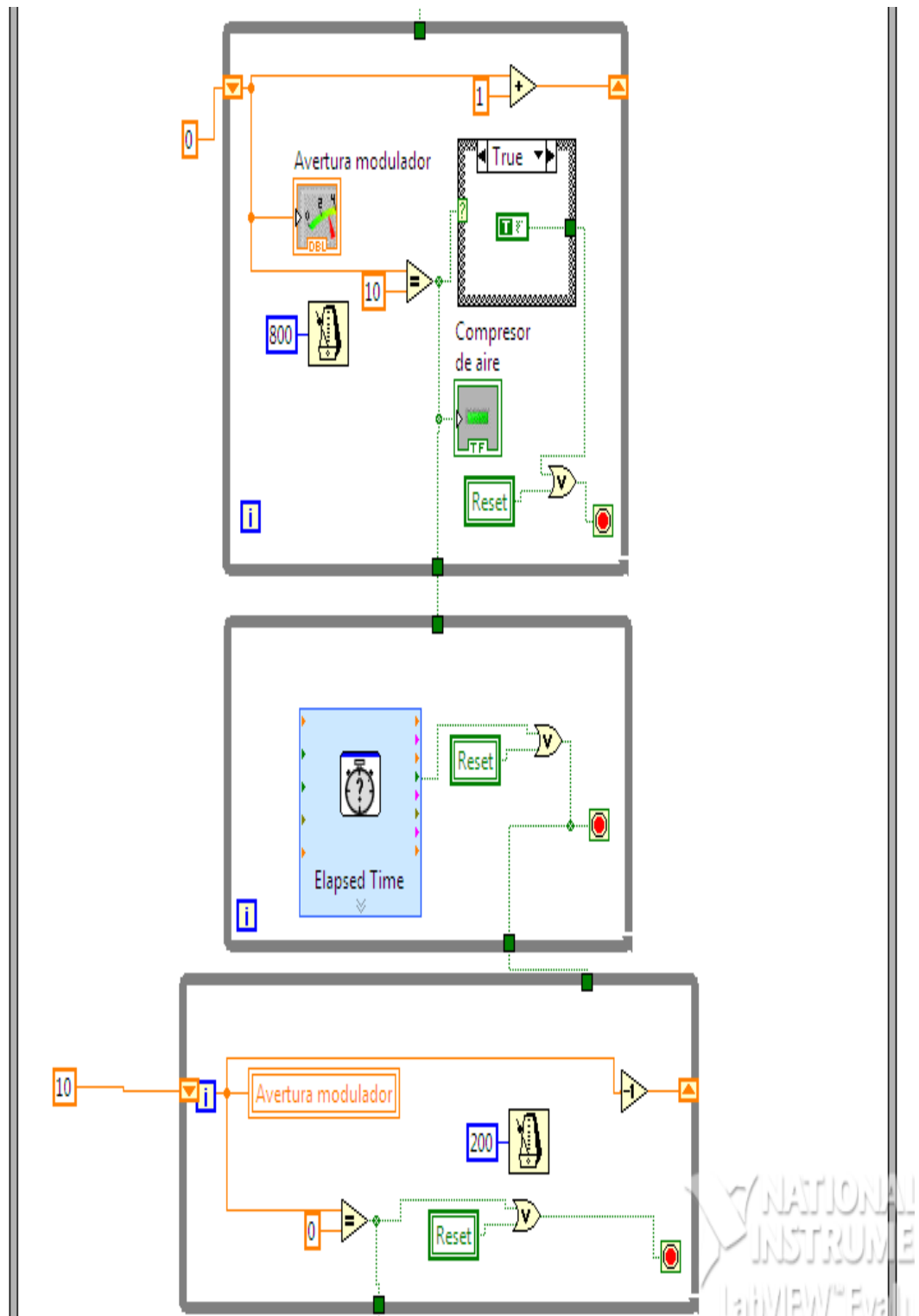


Figura 3.7: Abertura del modulador.

Las condiciones del entorno se indican a continuación:

- El primer circuito posee el indicador del modulador interconectado a un operador aritmético, este operador está condicionado para que al llegar el modulador a la posición 10 permita la activación de un indicador booleano del funcionamiento del compresor.

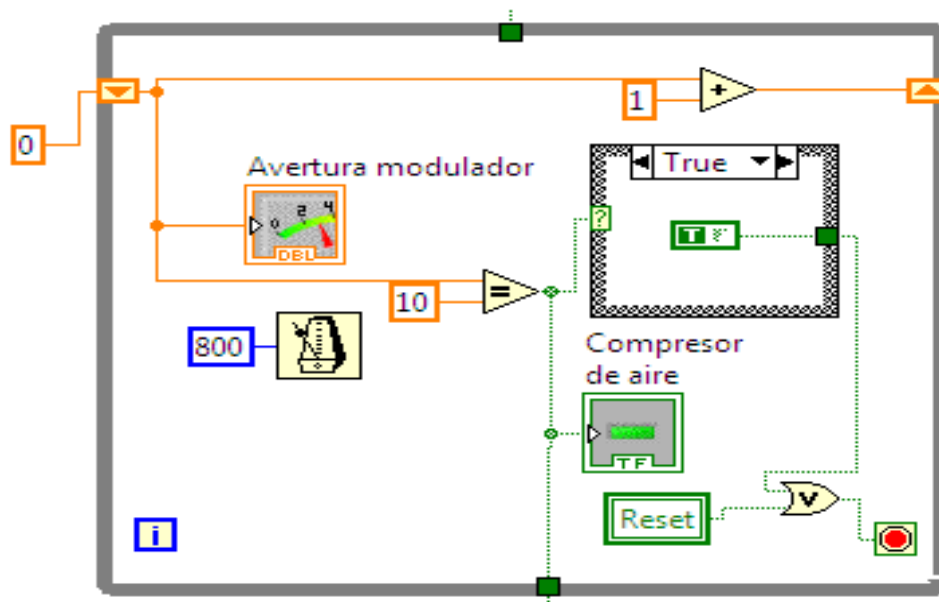


Figura 3.8: Funcionamiento del compresor.

- El segundo circuito secuencial permite mantener al modulador en la posición de abertura por un corto lapso de tiempo por medio de un temporizador.

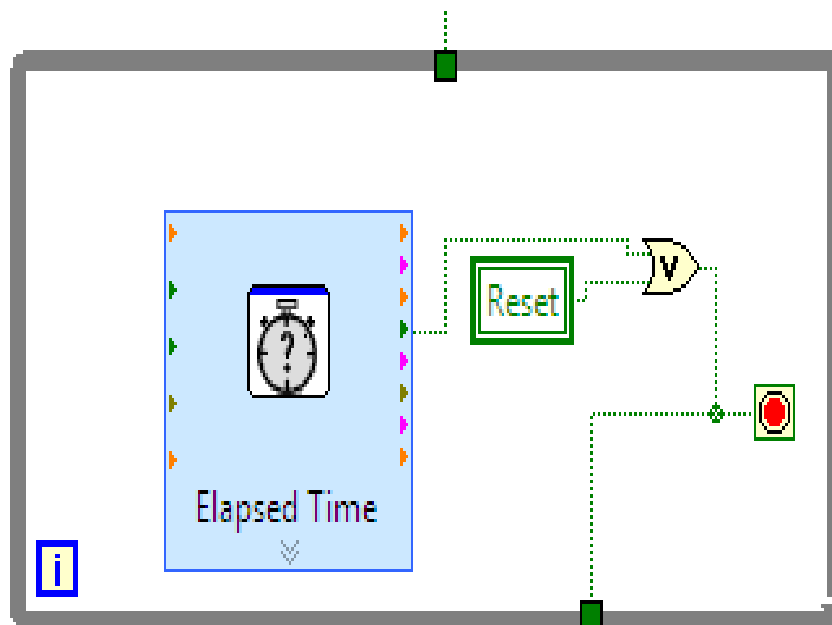


Figura 3.9: Abertura del modulador.

- Finalmente el último circuito lógico que integra un operador aritmético permite la simulación hasta el cierre del modulador, está condicionado para que una vez el modulador se ubique en cero active el siguiente circuito.

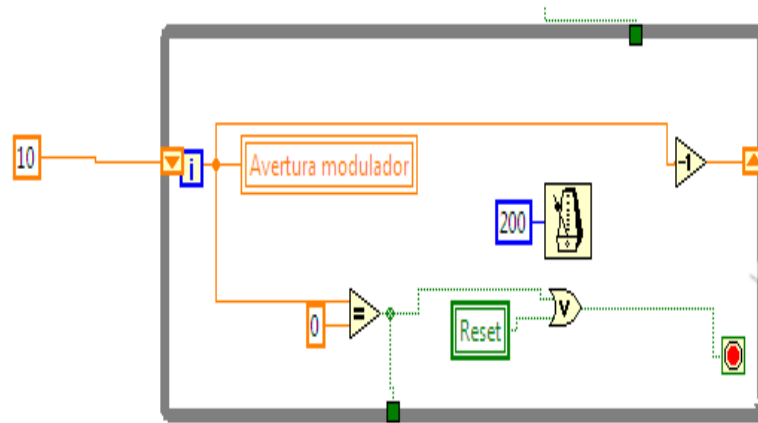


Figura 3.10: Simulación de cierre del modulador.

c. Encendido del Quemador

El circuito finge el proceso del encendido del quemador encendiendo indicadores booleanos “LED” en cada paso de simulación.

El siguiente entorno está condicionado para que una vez activado el circuito lógico posicione la abertura del modulador en la posición mayor que cuatro e indique cierto nivel de agua en el caldero, una vez cumplidas las condiciones un operador lógico permite que se active una estructura de caso que simultáneamente enciende los indicadores del piloto, válvula de combustible y las presiones de la alimentación de combustible.

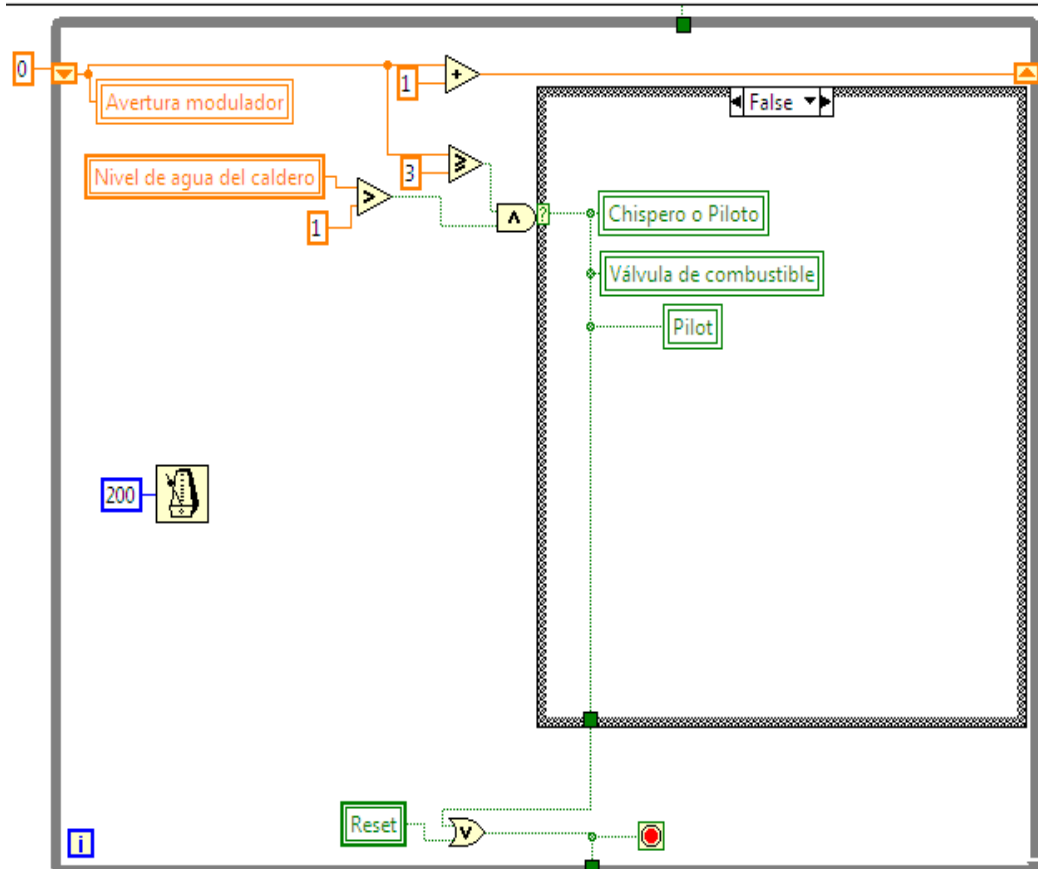


Figura 3.11: Encendido del piloto.

Mientras el circuito consiguiente permite que los indicadores activados permanezcan así durante un tiempo.

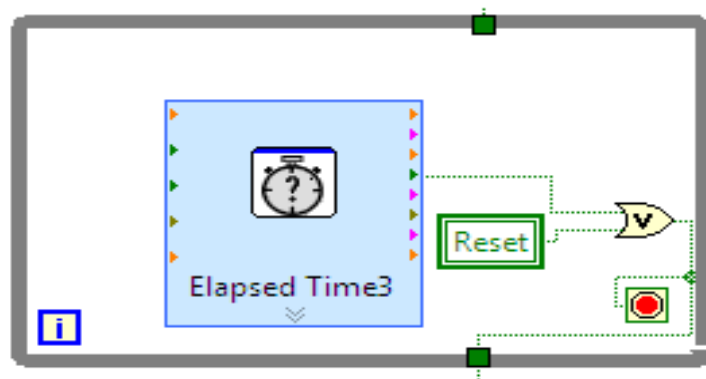


Figura 3.12: Temporización de los indicadores.

El cambio de llama es controlado por el circuito que sigue, al ser activado este circuito se ejecutan sus condiciones, apagando el indicador del piloto, también del chispero y a la vez encendiendo los indicadores de la fotocelda y la flama. Los indicadores encendidos se mantendrán así durante un tiempo controlado por el segundo circuito, una vez transcurrido dicho tiempo, el circuito cumple con sus condiciones y apaga la fotocelda.

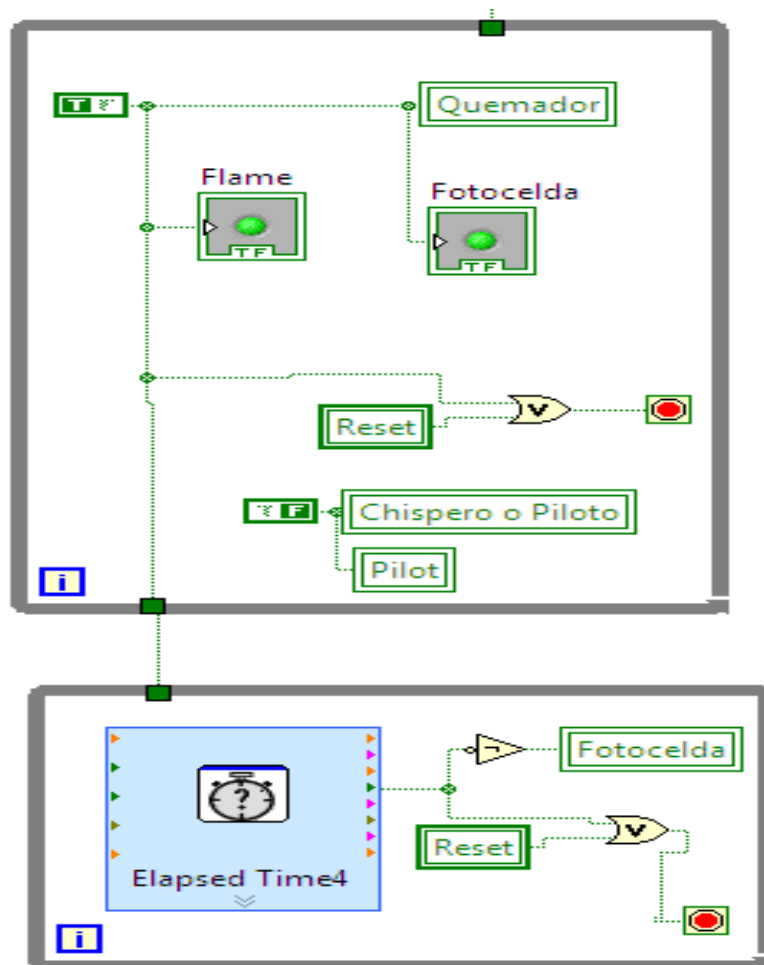


Figura 3.13: Cambio de llama.

3.1.1. Funcionamiento del caldero

El circuito permite que una vez cumplidos y activados todos los circuitos anteriores empiece la simulación de la caldera en plena operación de generación de vapor, permitiendo observar las posiciones del modulador, presión de trabajo y temperatura de los gases de la combustión.

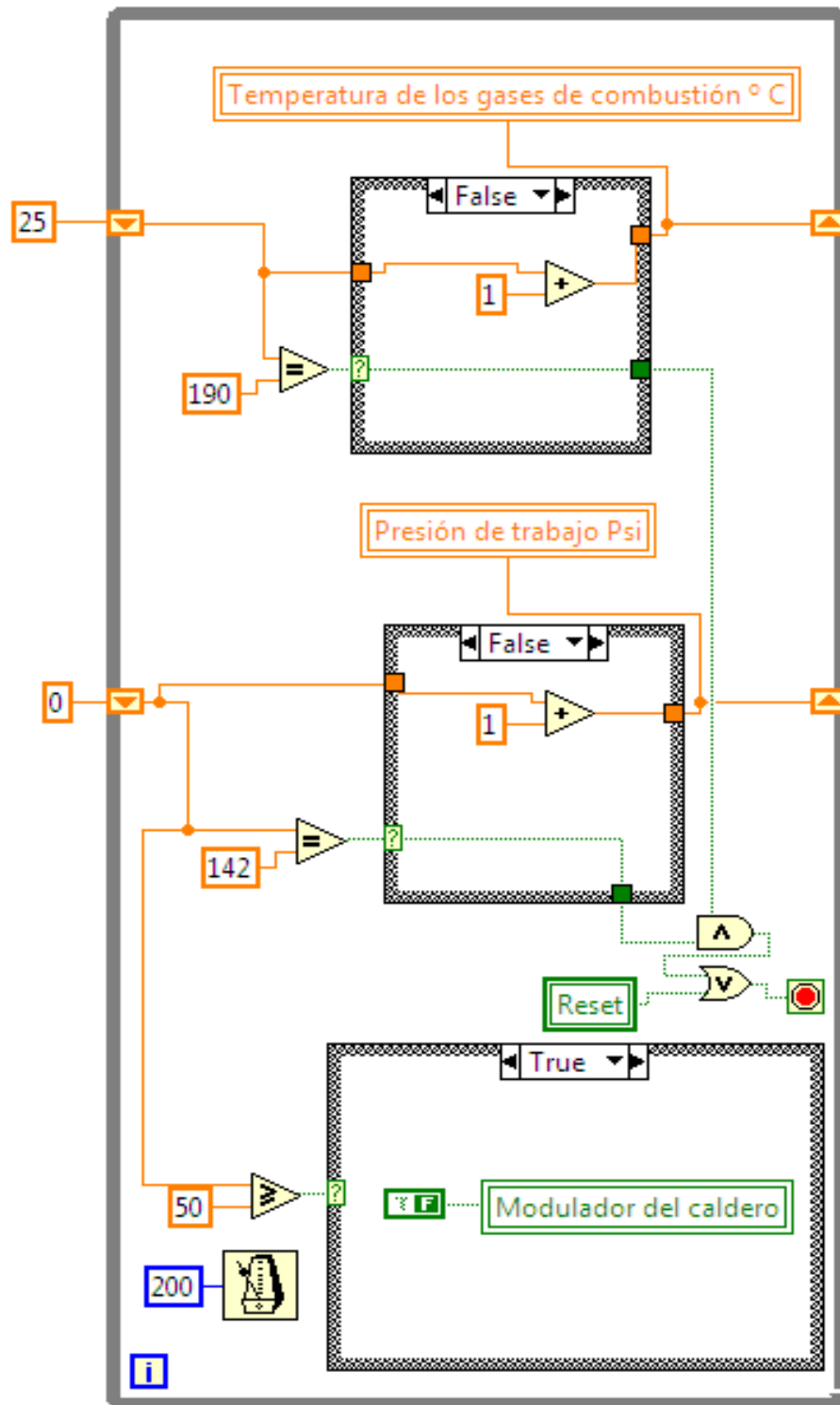


Figura 3.14: Funcionamiento del Caldero

Para ello establece ciertas condiciones tales como:

- Al activarse el circuito la estructura de caso se activa y se indica en el panel frontal como o varía la temperatura de los gases hasta llegar a un máximo de 195 °C.

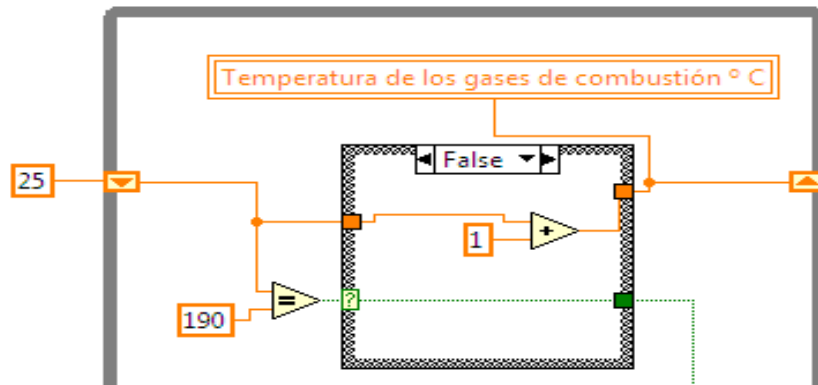


Figura 3.15: Indicador de temperatura de los gases de combustión.

- Al mismo tiempo también se activa la estructura de caso que indica la presión de trabajo y variará la presión hasta llegar a 142Psi, esta estructura se halla interconectada a otra estructura de caso cuya condición es encender el indicador del modulador al igualar o sobrepasar los 50Psi.

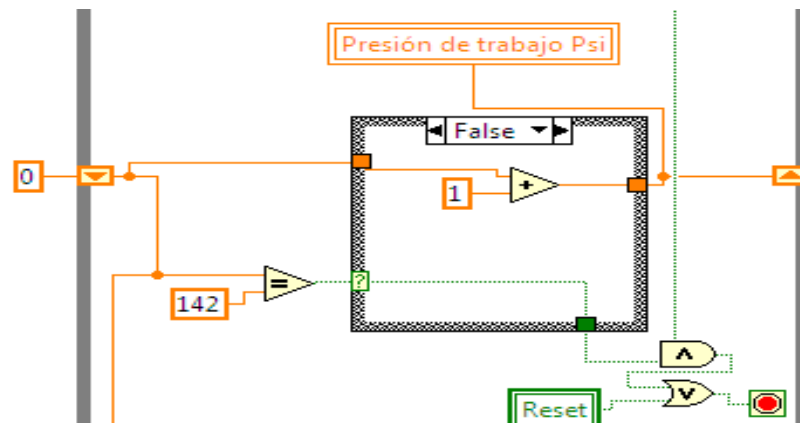


Figura 3.16: Presión de trabajo.

- Una vez cumplidas las condiciones anteriores enciende el siguiente entorno lógico que contiene un indicador booleano del estado del modulador.

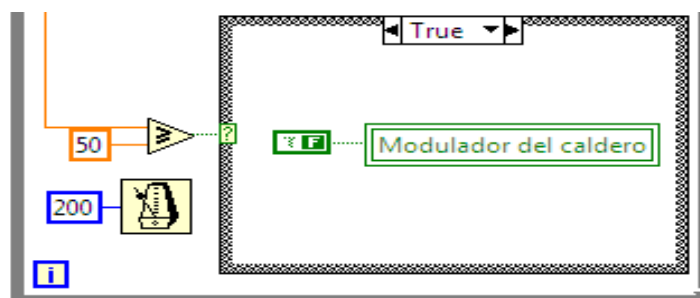


Figura 3.17: Indicador del estado del modulador.

1.1.2. Simulación del funcionamiento

El diseño del circuito es tal que permite la simulación del funcionamiento de los sistemas del caldero en el tiempo y por ello se construyen al interior de lazos de tiempo:

El Nivel del tanque de combustible simula la alimentación del combustible desde el tanque de reserva hasta la alimentación al quemador, incluyendo la línea de retorno de combustible y los controles de las bombas.

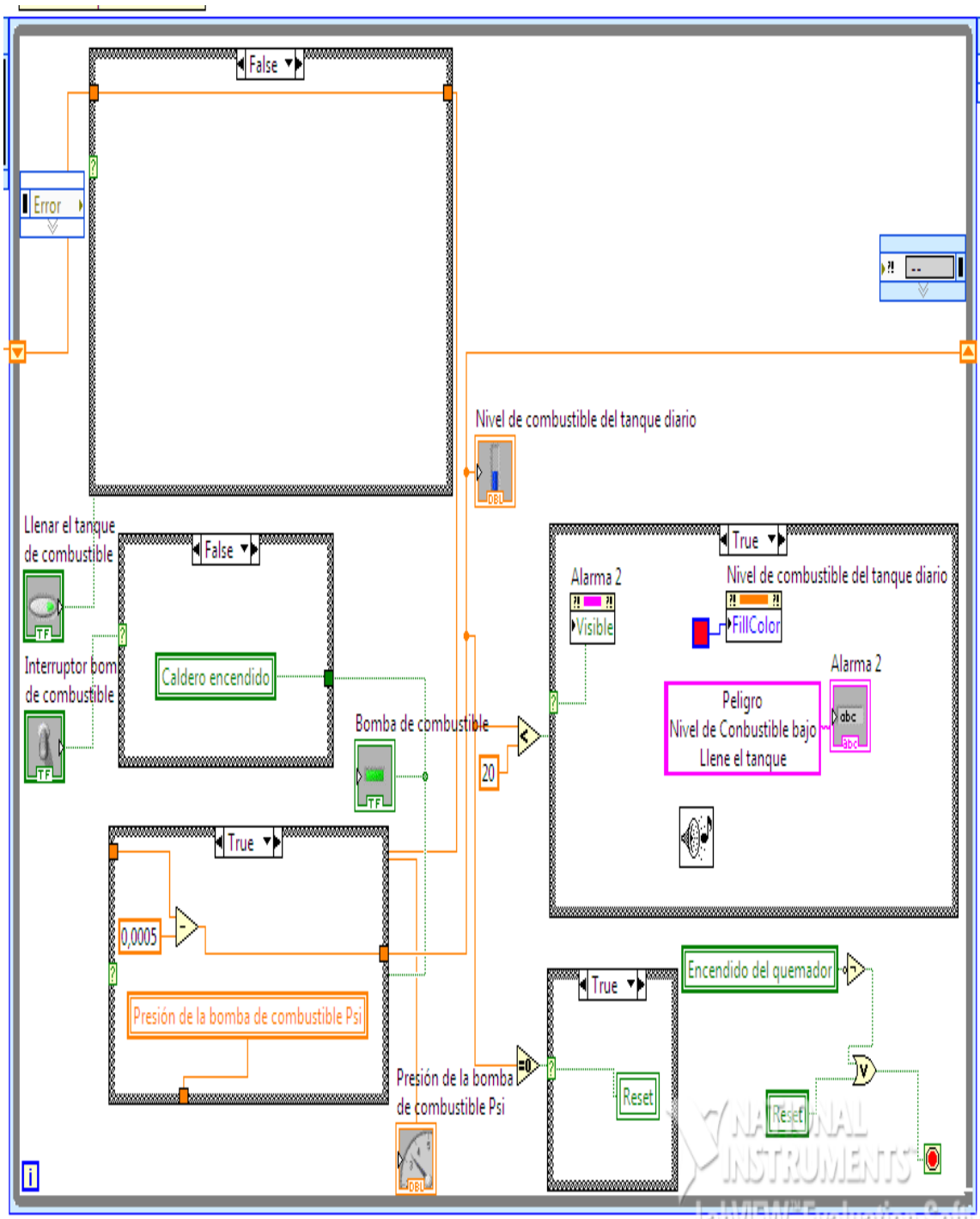


Figura 3.18: Nivel del Tanque de combustible.

El circuito posee las siguientes condiciones:

- El control booleano encargado del encendido o apagado de la bomba de combustible, interconectado a una estructura de caso que da pasó al encendido del caldero si el control de la bomba se enciende.

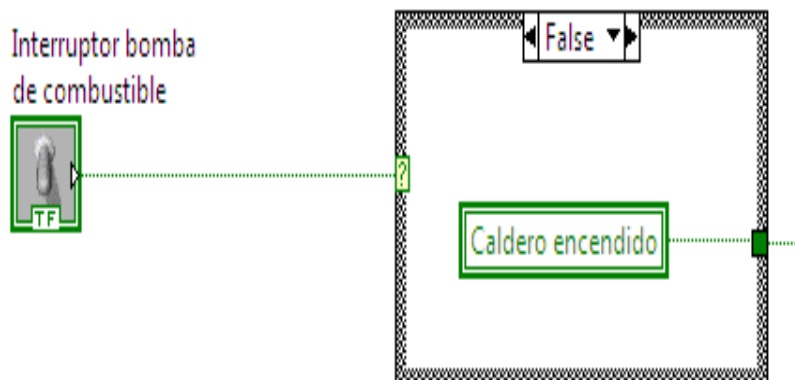


Figura 3.19: Encendido y apagado de la bomba de combustible.

- Al cumplirse las condiciones anteriores el circuito se complementa con otra estructura de caso que lleva en su interior un indicador de la presión de la bomba de combustible adjunta a un operador aritmético que simula el consumo de combustible, a la estructura de caso se une un indicador de nivel del combustible en el tanque y un indicador booleano del estado de la bomba de combustible.

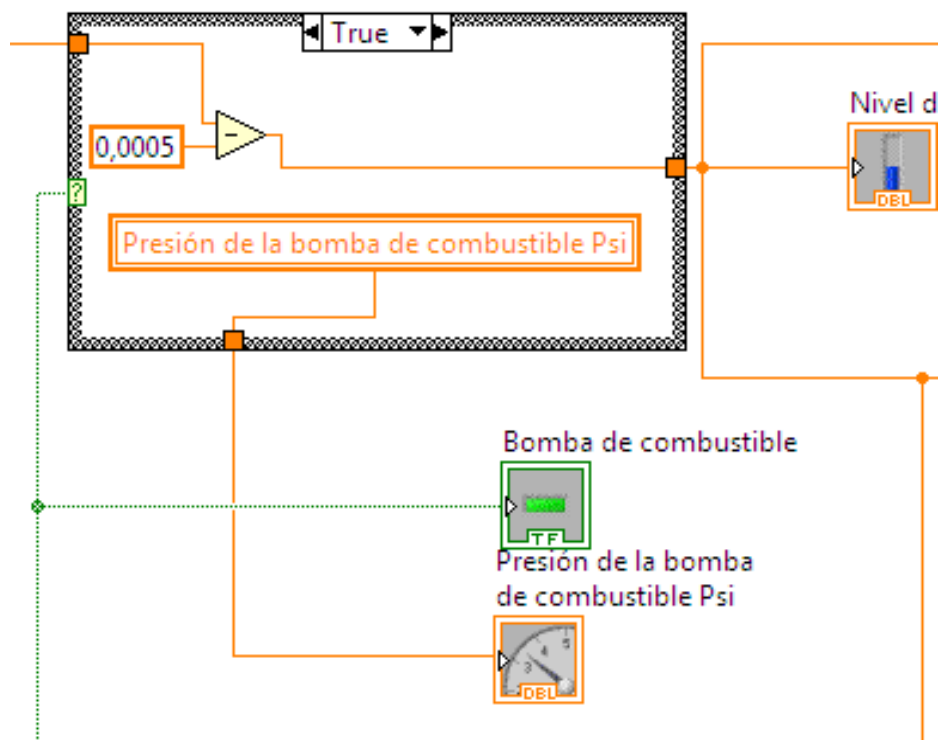


Figura 3.20: Simulación de consumo de combustible.

- La tercera condición está gobernada por un operador aritmético, el mismo que al registrar el nivel de combustible en el 20% del total de la capacidad activará una última estructura de caso llena de señales de alarma y avisos de nivel de combustible.

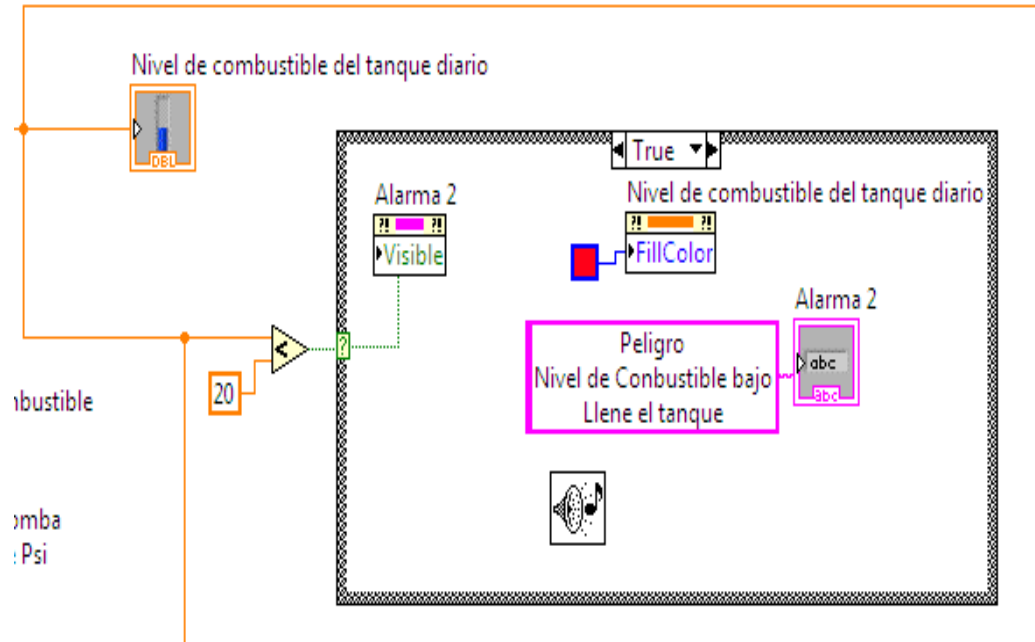


Figura 3.21: Alarma y aviso del nivel de combustible.

- Al activarse las señales y avisos se precisa llenar el tanque de combustible, para ello se instaló un control booleano que simula el llenado del tanque de combustible al activar una estructura de caso que gobierna un operador aritmético que controla la simulación del nivel de combustible y apaga la simulación del llenado del tanque automáticamente al llegar al 100% de la capacidad total del tanque.

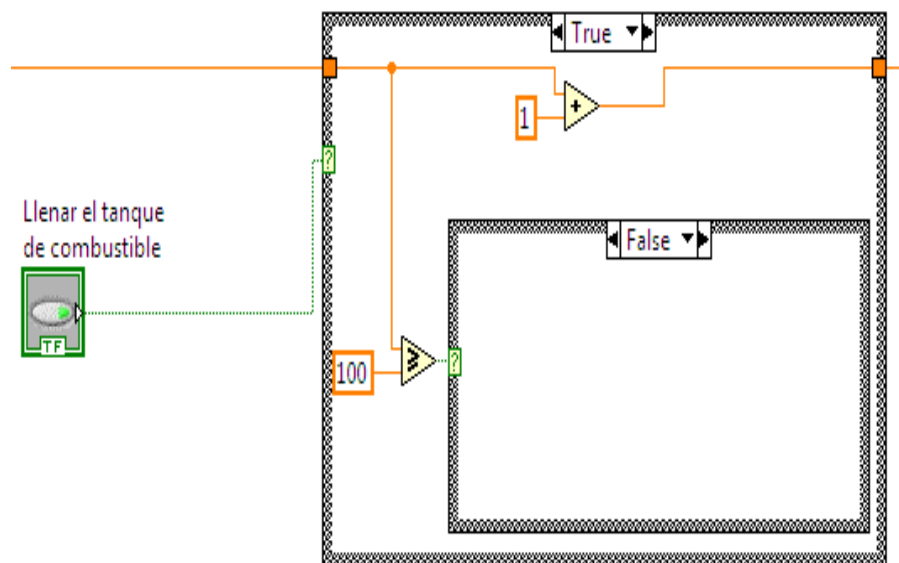


Figura 3.22: Simulación del llenado del tanque de combustible.

También existe la condición de apagado al vaciarse completamente el tanque, un operador aritmético controla esta condición que al registrar el 0% de combustible activa una estructura de caso que da la orden de apagado del caldero.

- **Nivel de agua del caldero.-** Permite la simulación del encendido de las bombas, también la simulación del sistema de alimentación, admitiendo ver niveles de agua y el funcionamiento mismo del sistema de alimentación de agua al caldero.

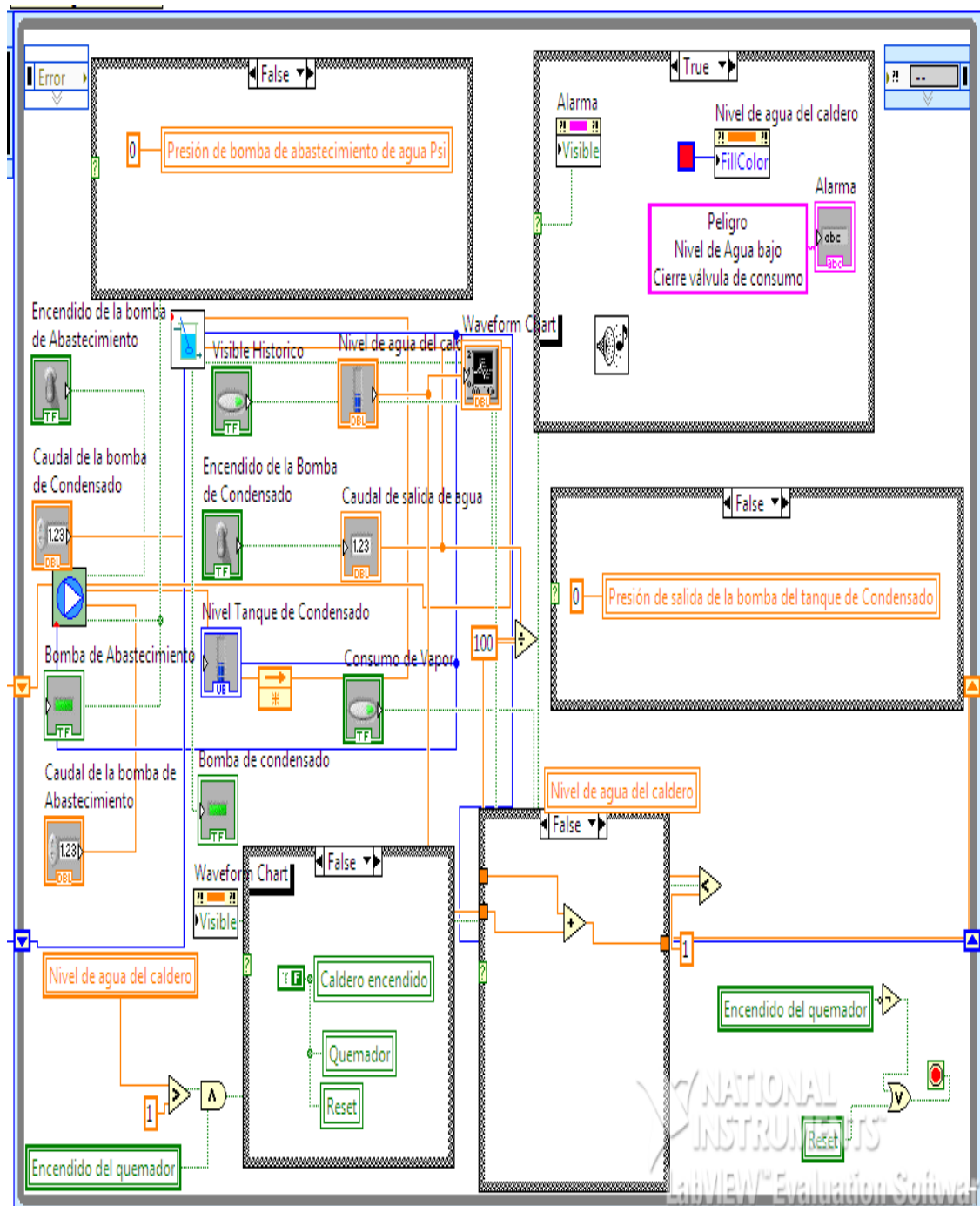


Figura 3.23: Nivel de agua del caldero.

Las condiciones del entorno se presentan a continuación:

- Consumo de vapor.-** El circuito posee un control booleano para gobernar el consumo de vapor, al activar el control el consumo de vapor se inicia, pues con ello se activa una estructura de caso que mediante operadores aritméticos resta la cantidad de agua contenida en el caldero, el resultado se edita en un indicador de nivel. El indicador de nivel se conecta a una “waveform Chart” este tipo de gráfica va registrando las variaciones de consumo de agua en el tiempo.

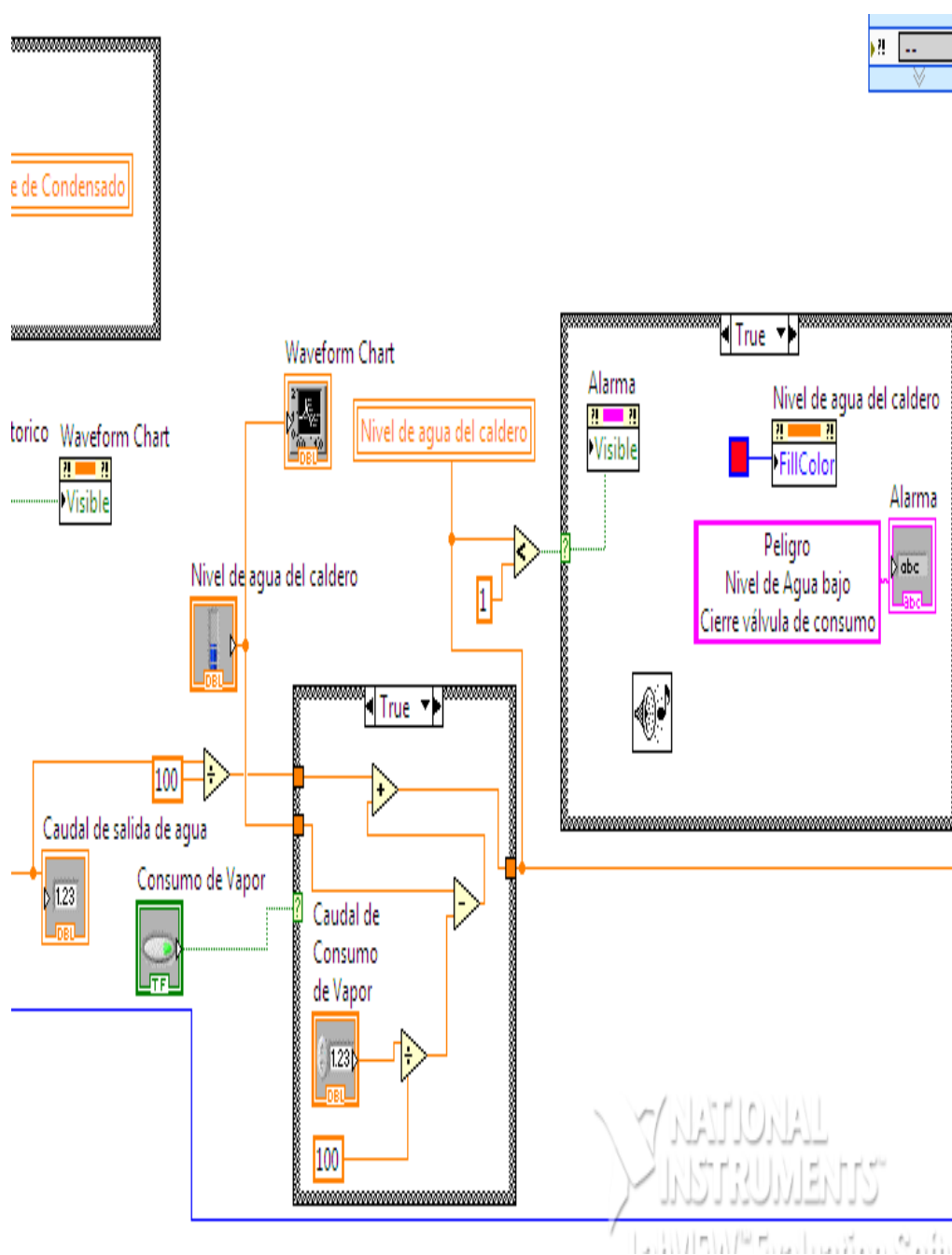


Figura 3.24: Consumo de vapor.

Otra condición importante que se incluye en el circuito es la contenida en la estructura de caso derecha, e indica que al reducirse el nivel de agua del caldero a 1/3 de su totalidad un operador aritmético registra variación, activa la estructura de caso y varios avisos y alarmas contenidas en ella.

- **Bomba de abastecimiento.**-El entorno que gobierna la bomba de abastecimiento es regido por la siguiente condición: Es activada manualmente por un interruptor booleano, al ser activada se activa con ella un indicador LED y la estructura de caso que entonces indicará la presión que ejerce la bomba.

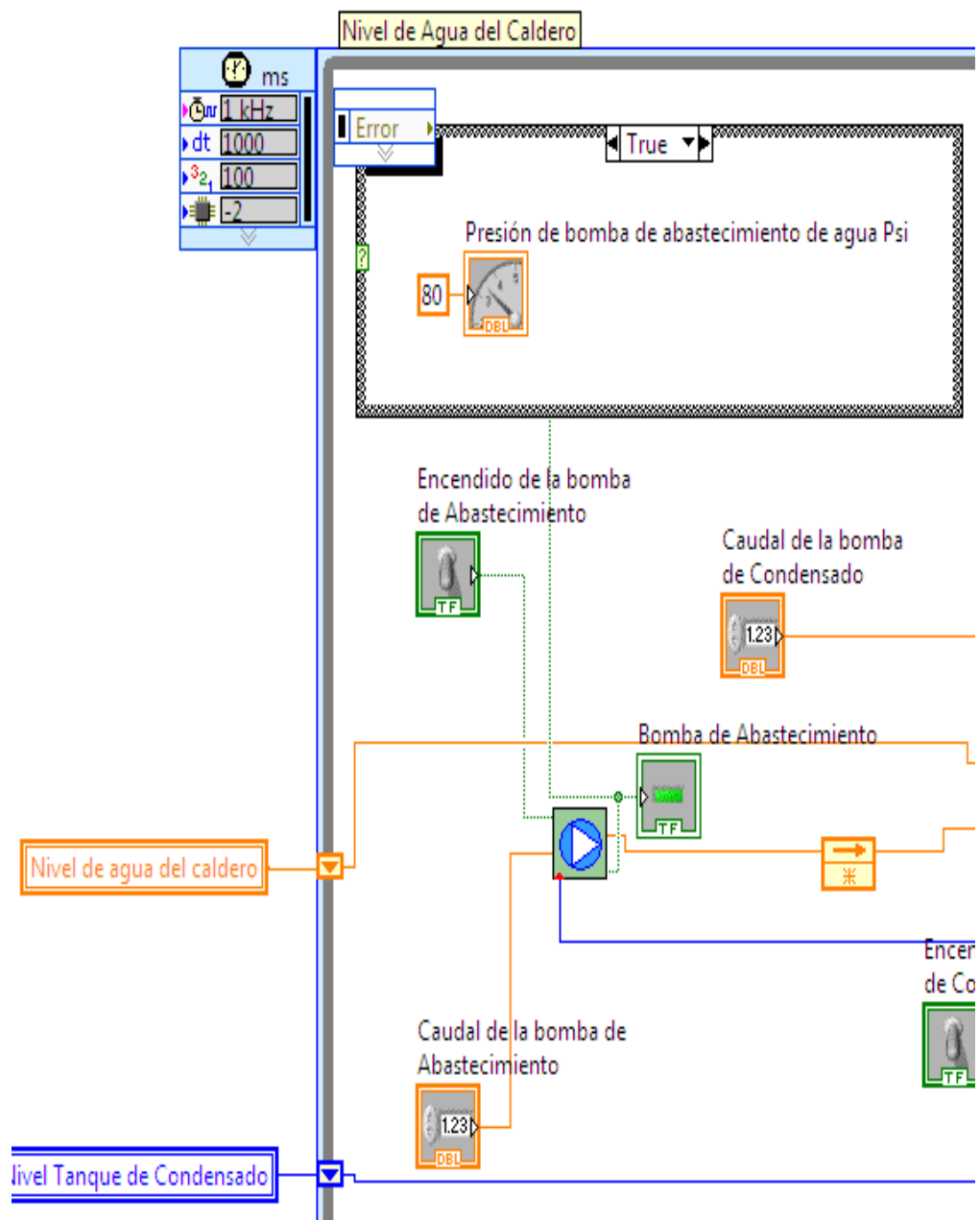


Figura 3.25: Simulación de funcionamiento de la bomba de abastecimiento.

La bomba es un SubVI cuya estructura interna fue construida en base al operador lógico "y" pues se establece la condición de que se debe encender el control booleano y establecer la cantidad de apertura de la válvula.

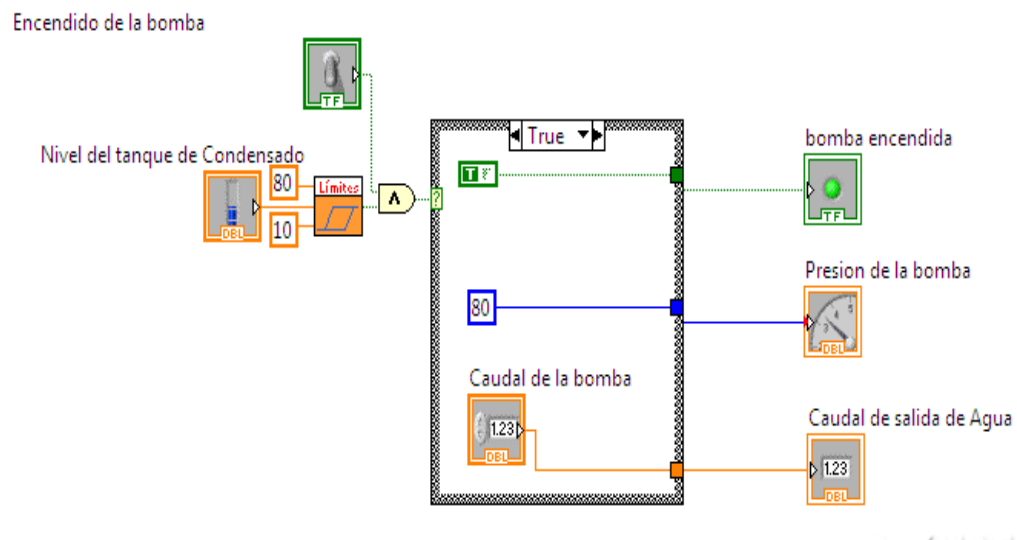


Figura 3.26: SubVI de la bomba de abastecimiento.

- Bomba de condensado.-** La bomba es un SubVI, el circuito de condensado posee un indicador de nivel que refleja la cantidad de condensado contenida en el tanque, un LED que indica el estado de la bomba y una estructura de caso que al encenderse la bomba indica la presión que ejercerá la misma.

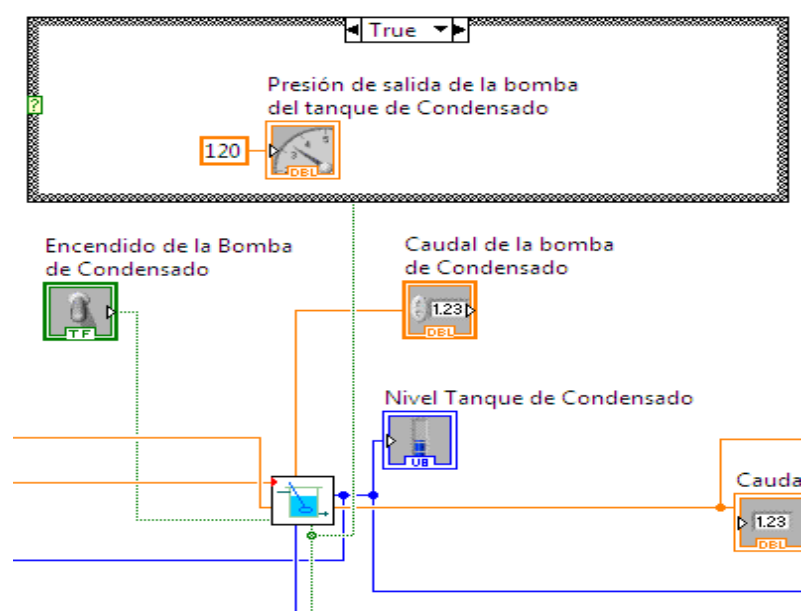


Figura 3.27: Simulación del funcionamiento de la bomba de condensado.

El SubVI de la bomba de condensado posee las siguientes condiciones: Un operador lógico controla que se encienda la bomba, se controle el nivel de flujo y que no se vacíe el tanque de condensado, al cumplirse mencionadas condiciones el operador activa una estructura de caso que controla el flujo del fluido, indica la presión, enciende un indicador LED y por medio de un operador aritmético simula el llenado del tanque de condensado.

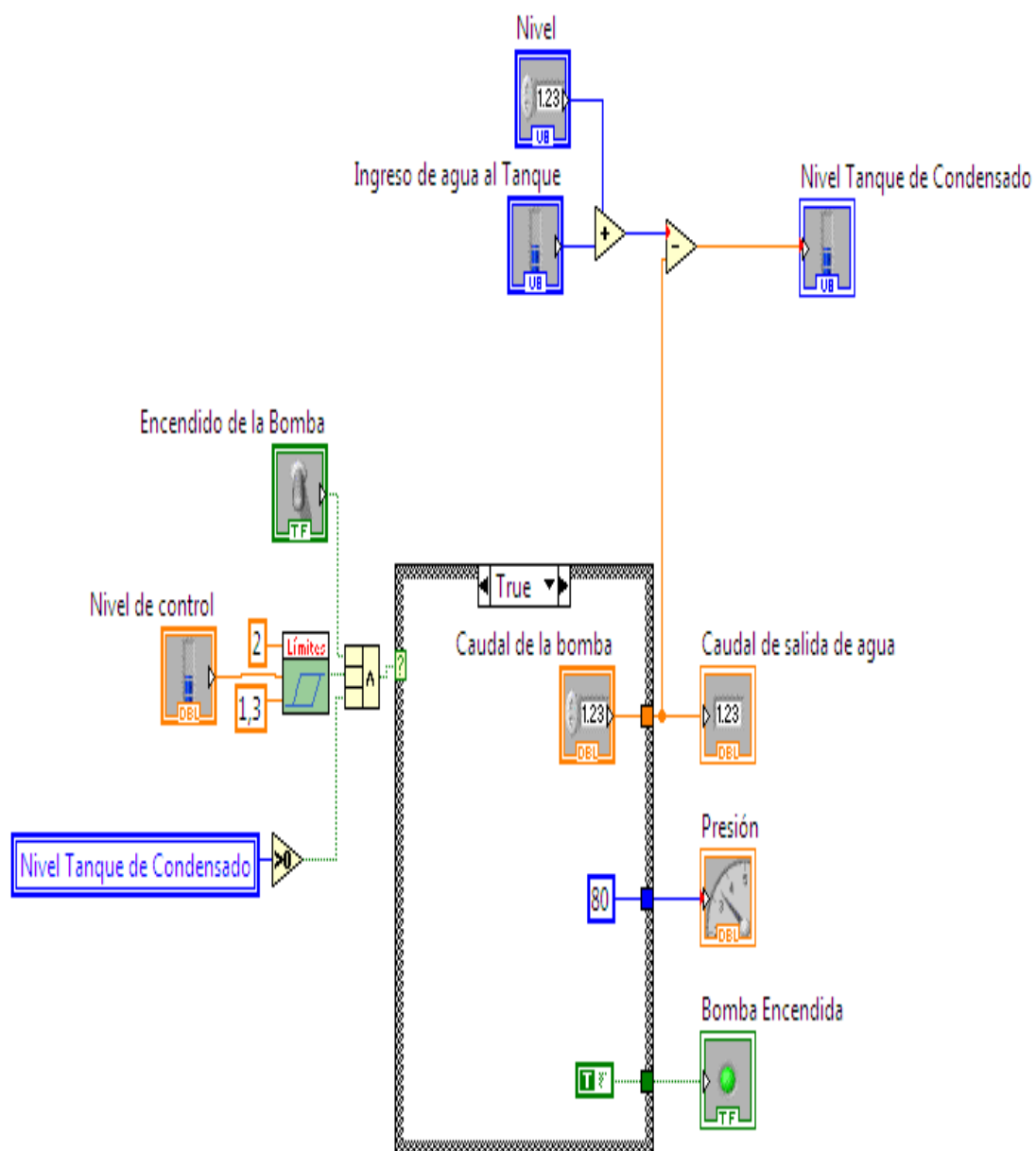


Figura 3.28: SubVI de la bomba de condensado.

- **Condiciones de operación.**.- El circuito por medio de un operador lógico condiciona que para mantener la simulación del buen funcionamiento del caldero debe estar encendido el quemador del caldero y mantener cierto nivel de agua.

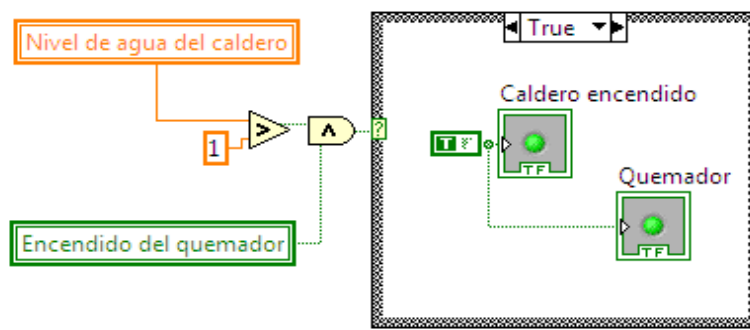


Figura 3.29: Condiciones de operación.

3.1.6. Simulación de datos

El circuito mediante interpolaciones de datos reales es la base de la simulación de todas las variables del equipo.

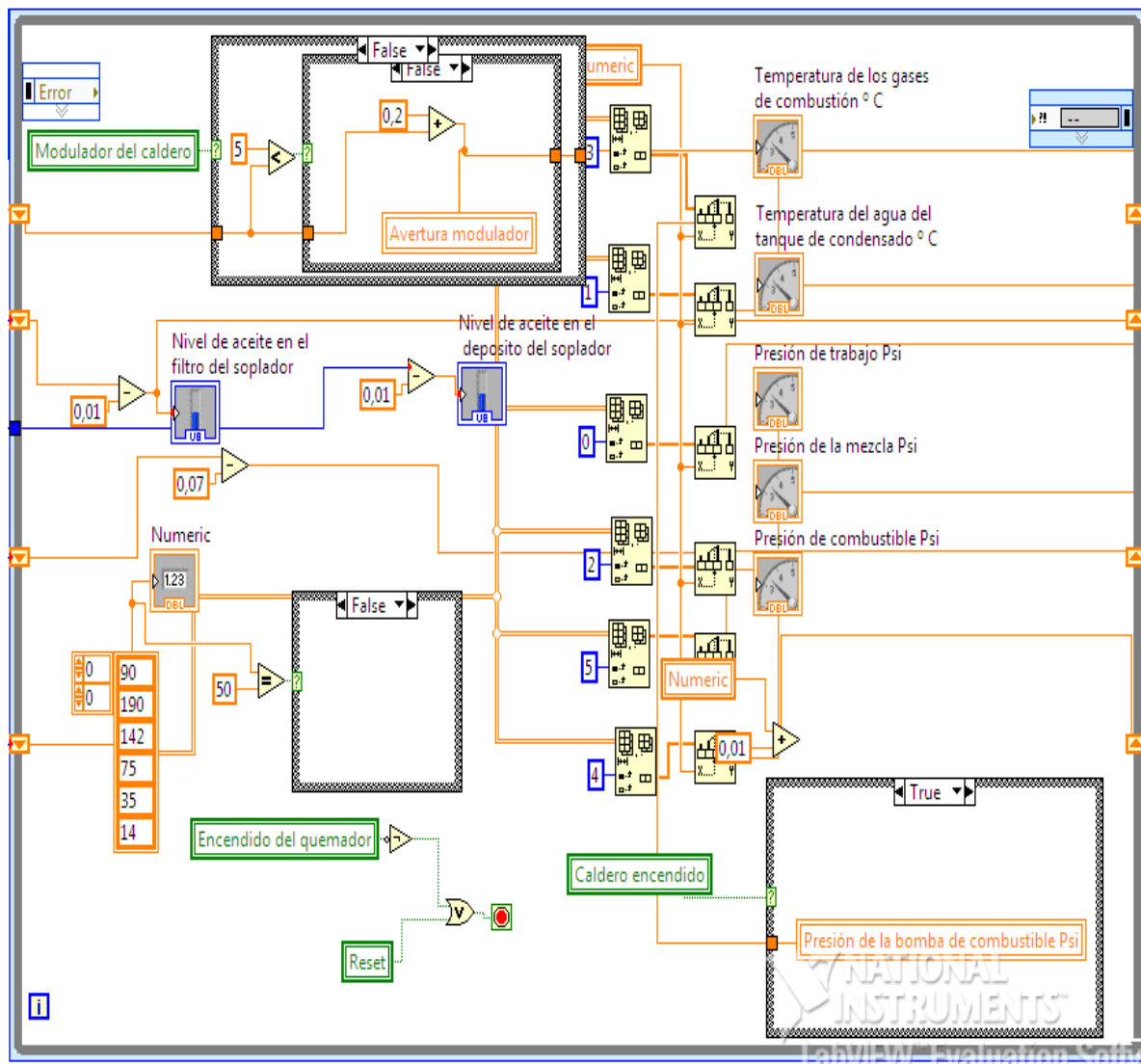


Figura 3.30: Simulación de datos.

Cumple con las siguientes condiciones:

- **Simulación del funcionamiento del modulador.-** Controla el indicador de la abertura del modulador por medio de un operador aritmético.

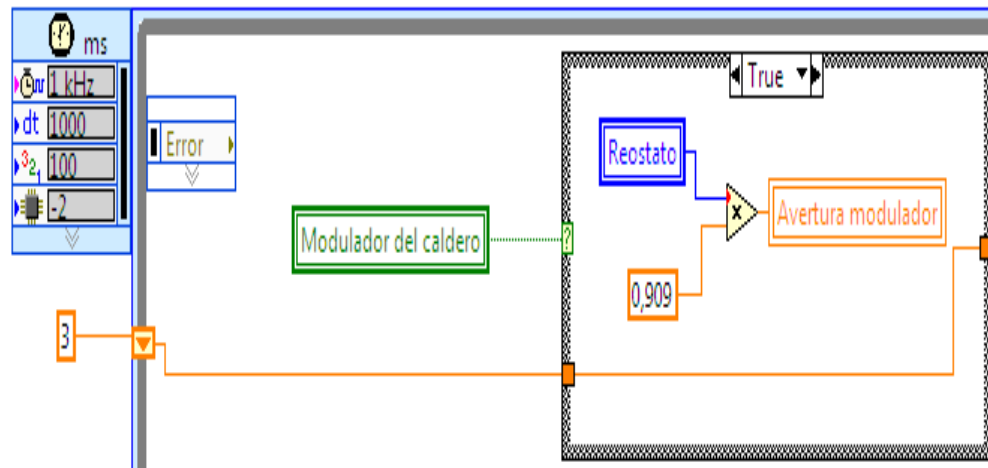


Figura 3.31: Simulación del funcionamiento del modulador.

- **Nivel de aceite en el filtro del soplador.-** Condicionado por un operador aritmético el cual quita al 90 % del nivel el 0.01 % , de la nueva cantidad obtenida procederá de modo similar.



Figura 3.32: Nivel de aceite en el filtro del soplador

- **Nivel de aceite en el depósito del soplador.-** Condicionado por un operador aritmético el cual quita al 90 % del nivel el 0.01 % , de la nueva cantidad obtenida procederá de modo similar.

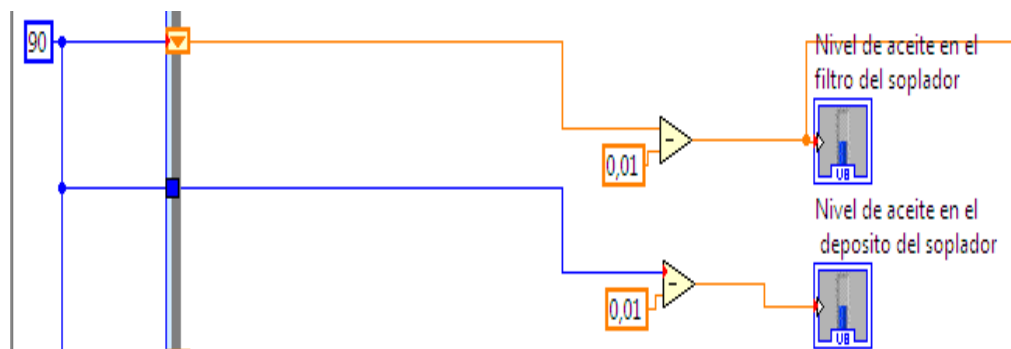


Figura 3.33: Nivel de aceite en el depósito del soplador.

- Simulación de temperaturas y presiones.-** El entorno permite la simulación de datos y acerca a la realidad la simulación del proceso, está construido en base a arreglos de interpolación que utilizan datos de procesos reales para interpolar las presiones y temperaturas que posteriormente se presentarán en los indicadores respectivos. El arreglo de interpolación de la bomba de combustible se interconecta a una estructura de caso que posee la condición de presentar los datos en el indicador si el caldero está encendida.

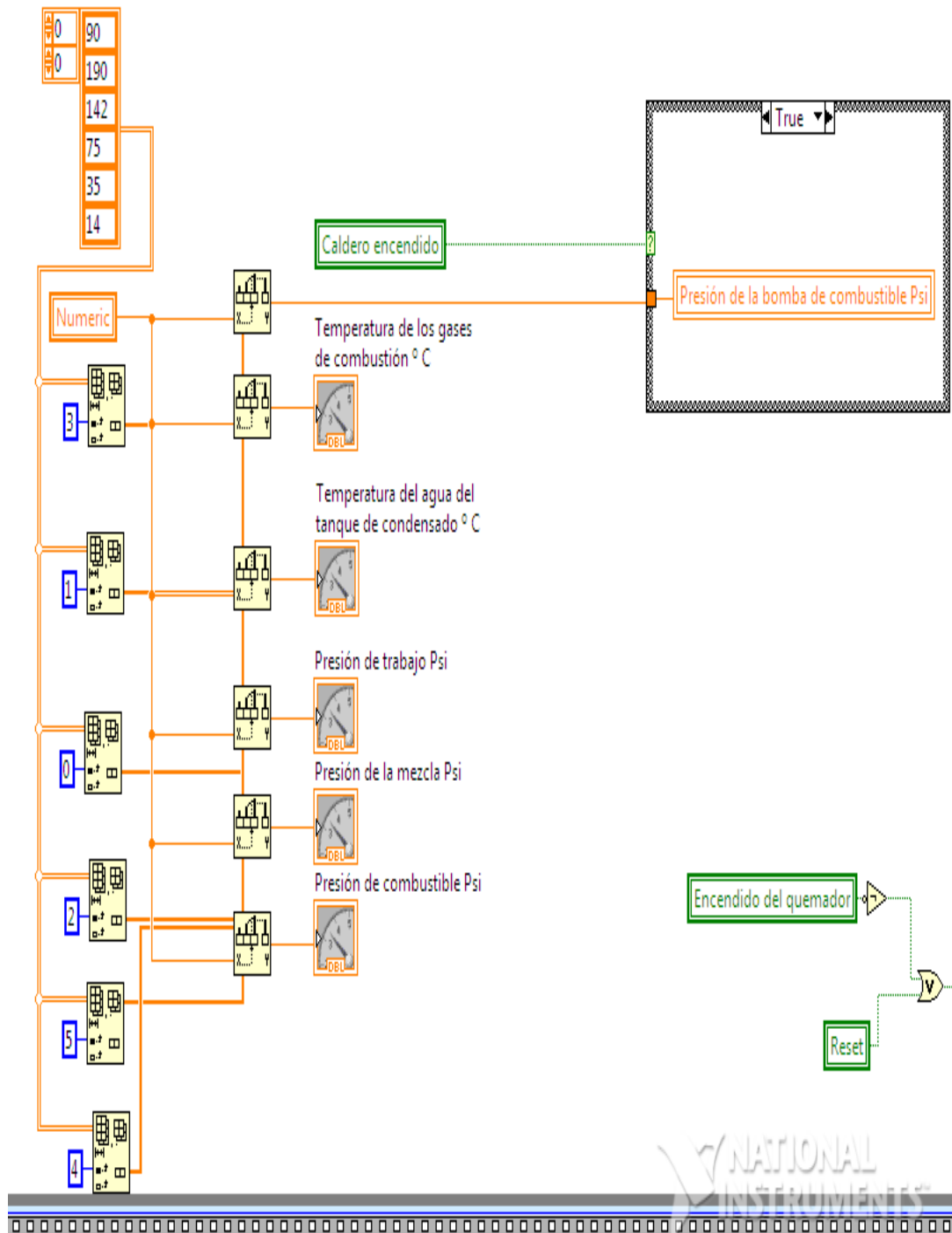


Figura 3.34: Simulación de temperaturas y presiones.

3.1.7. Apagado del caldero

Es el último paso de la secuencia lógica del sistema, y está diseñada para la simulación de pasos sucesivos del apagado del caldero aquí se ubica la opción de apagado y reset.

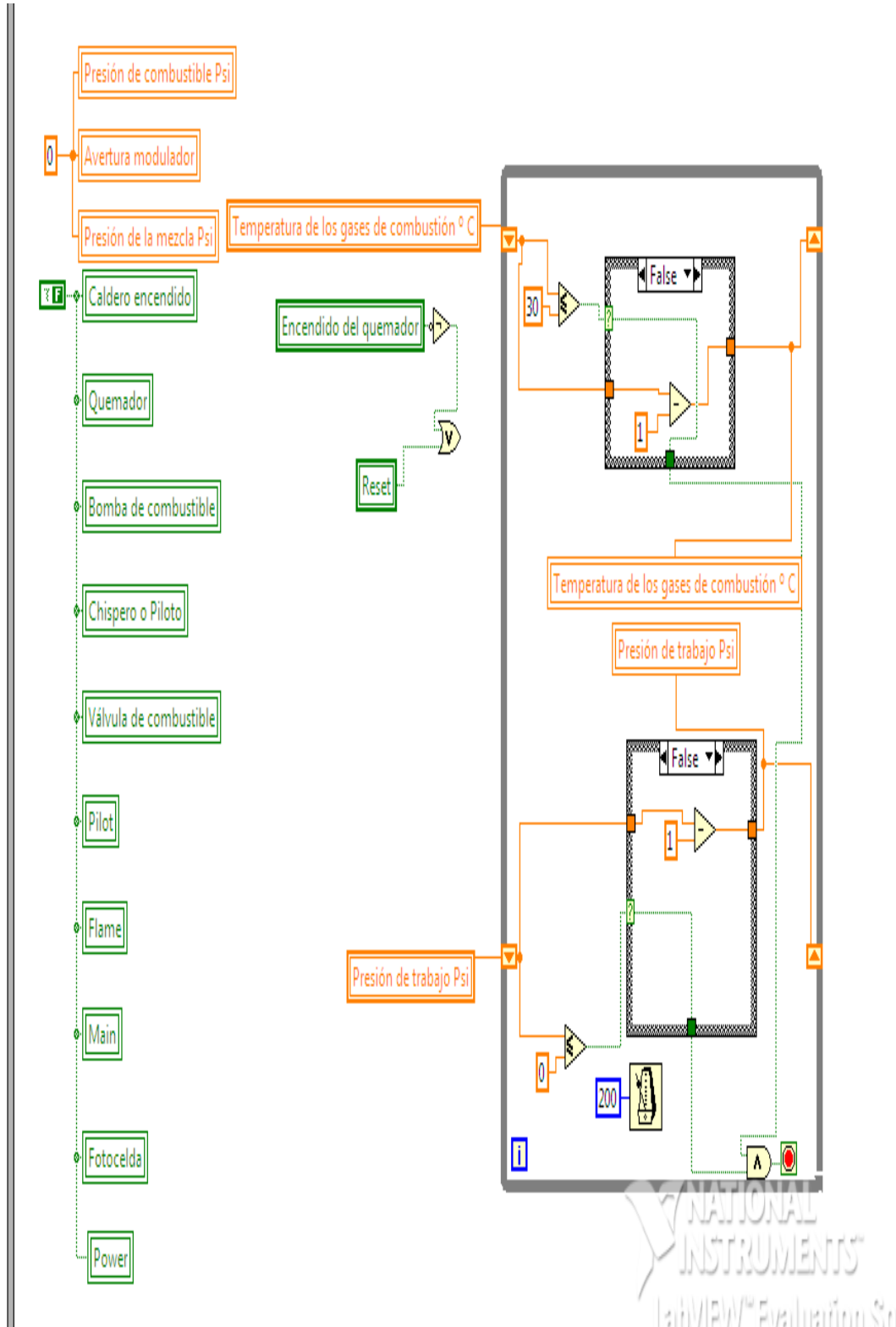


Figura 3.35: Simulación del apagado.

Condiciones del apagado:

- Al iniciarse el apagado los indicadores y controles booleanos retornan al tono y posición de apagado respectivamente, lo propio sucede con las bombas por lo tanto las presiones de las bombas de combustible y mezcla regresan a cero.

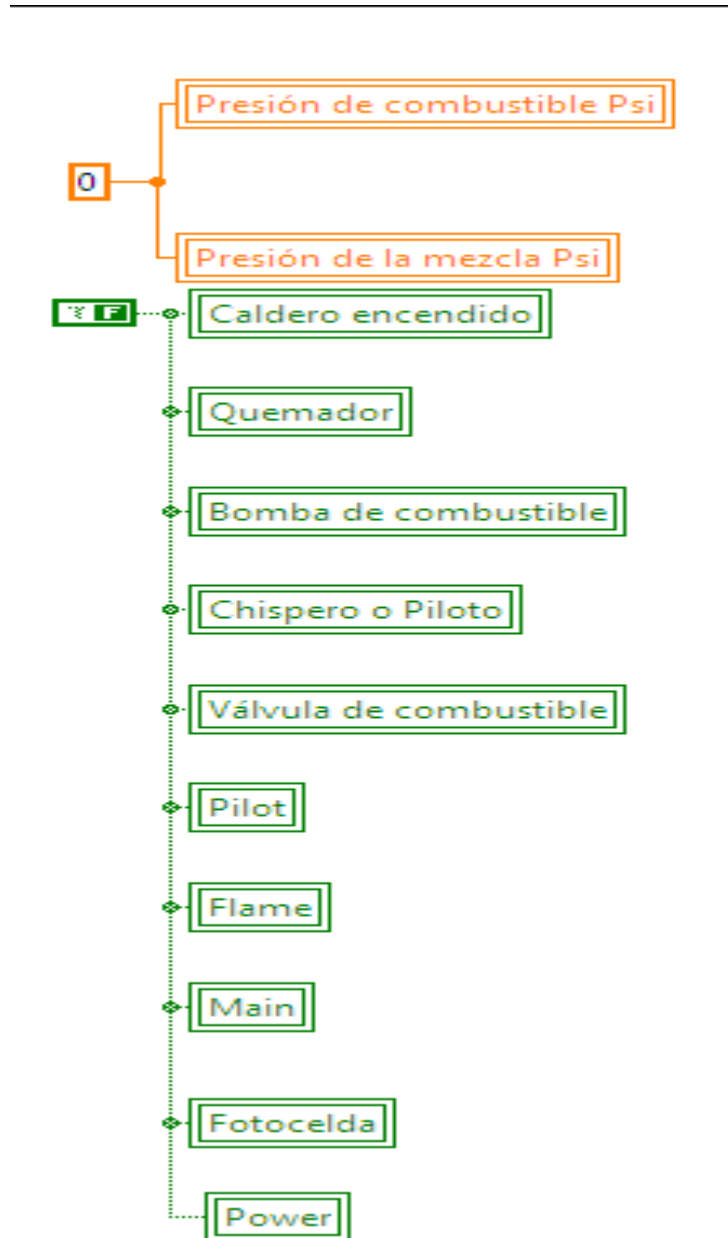


Figura 3.36: Condiciones de apagado.

- La temperatura de los gases de combustión tienen una reducción controlada muy cercanas a la realidad, la condición establecida es que al llegar la señal de apagado se active la estructura de caso y con ella el operador lógico que incluye restando en uno su temperatura hasta llegar a cero.

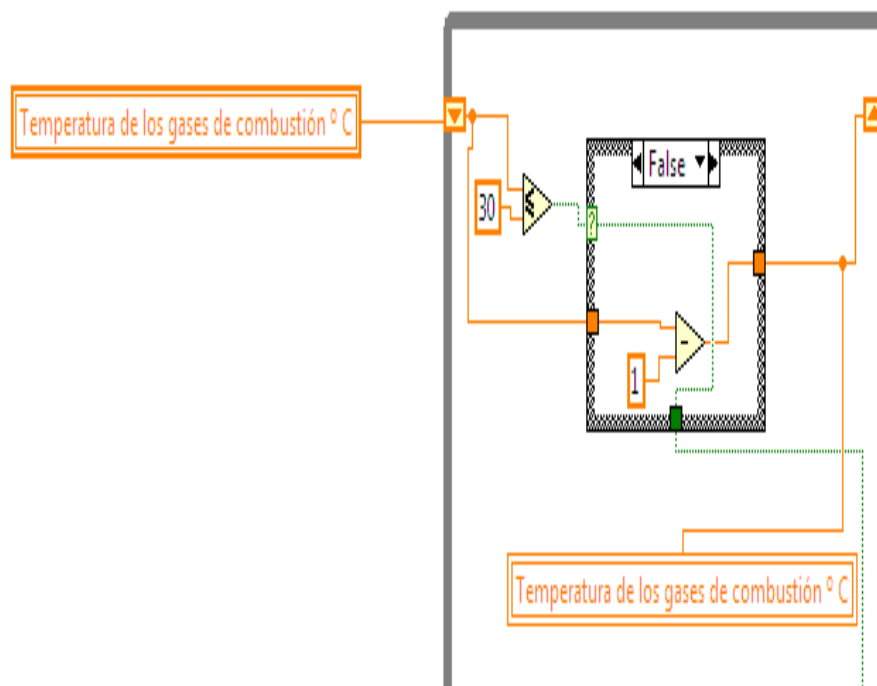


Figura 3.37: Simulación del descenso de temperatura.

- La de la presión de trabajo será controlada de modo similar al caso anterior.

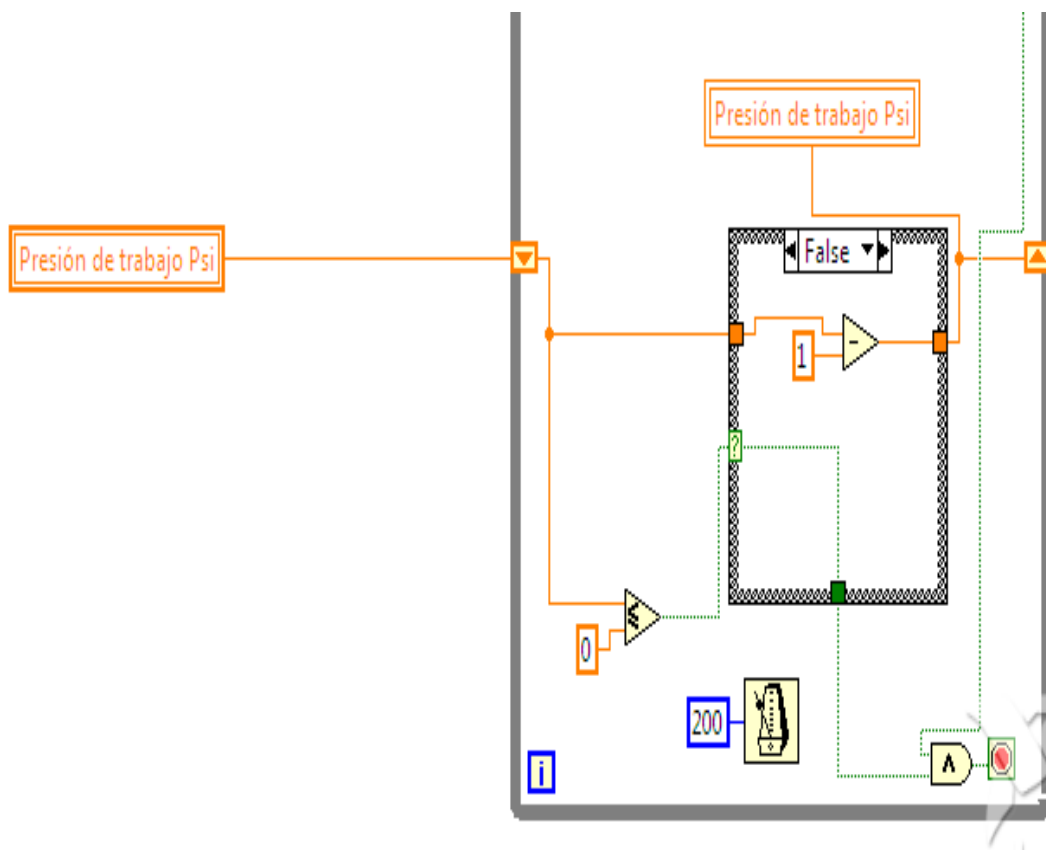


Figura 3.38: Simulación del descenso de presión.

3.1.8. Generación de reportes genéricos

Diseñada dentro de una estructura while loop, que registra todos los datos de las variables del funcionamiento del caldero y crea un archivo en el disco “C” cuyo formato es genérico, está contruido en base a un “format into file” que permite recoger y ordenar los datos, el circuito está interconectado a los entornos que simulan el funcionamiento del caldero para registrar los datos.

Un temporizador controla la recolección de datos y establece que se realizará cada 180 segundos.

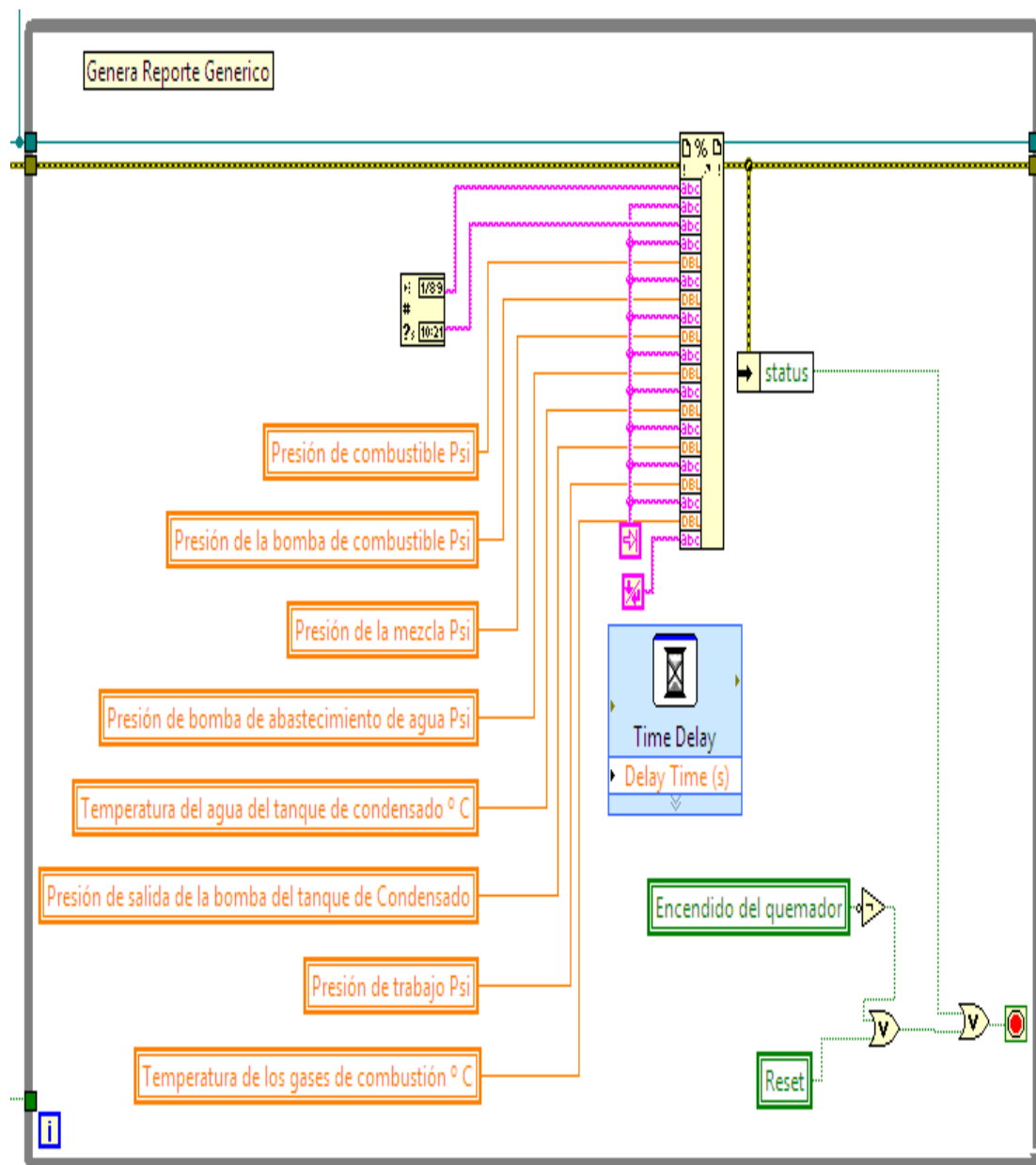


Figura 3.39: Generación de reportes genéricos.

Figura 3.40: Generación de reportes en word.

3.2. Montaje de sensores

El software que hemos desarrollado tiene la peculiaridad de que en algún momento, cuando se requiera el monitoreo de las variables de un caldero se podrá usar, por eso se hace referencia en este capítulo de tesis sobre el montaje de sensores.

El montaje dependerá de las características de los sensores que se vayan a utilizar, los sensores deberán ser tantos como los que se usan en el software de simulación y deberán estar ubicados de tal manera que cada uno mida sus respectivas variables análogas a la simulación como se indica en la siguiente figura:

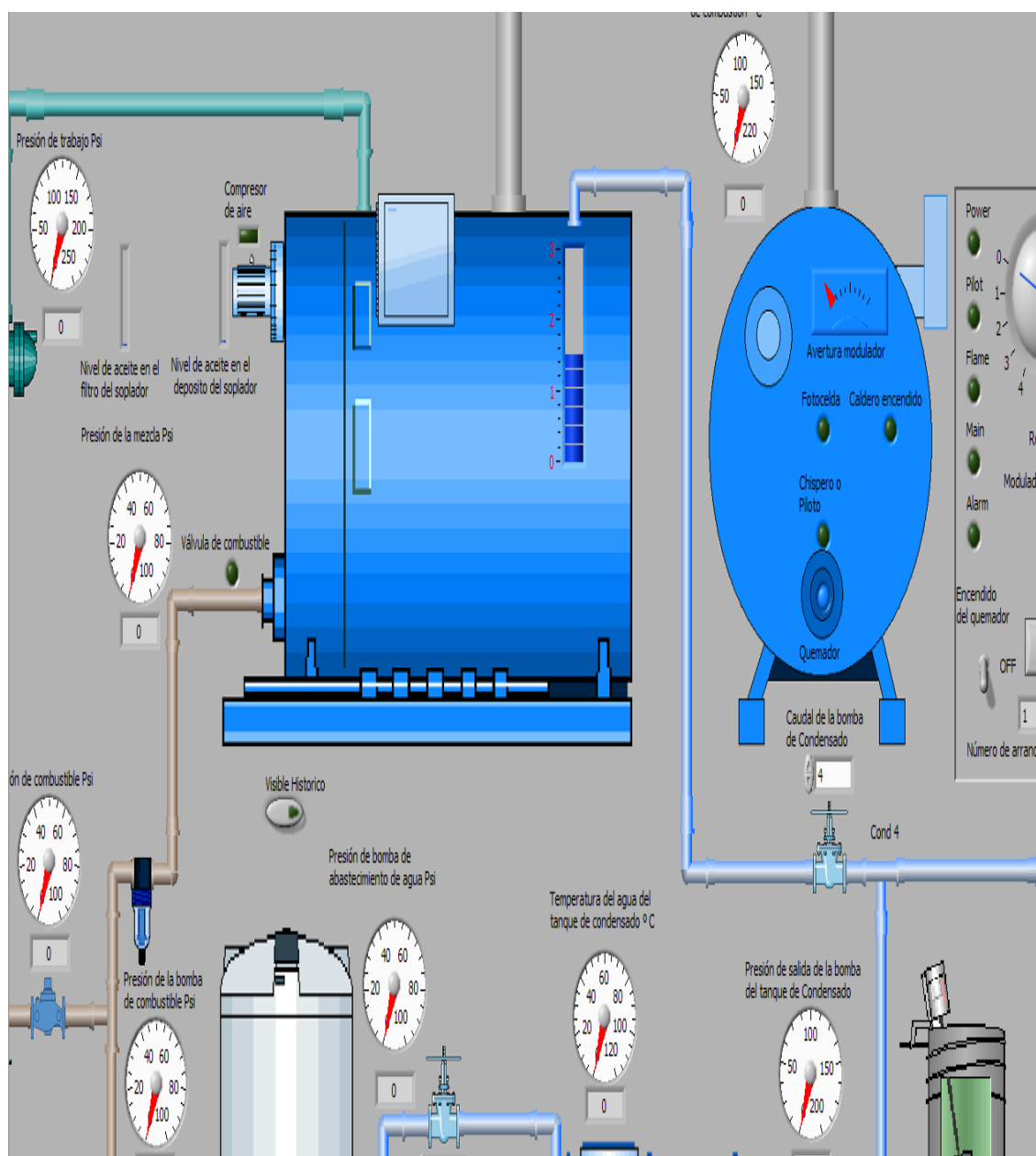


Figura 3.41: Ubicación de sensores.

3.3. Calibración del software

El software está calibrado para simular el funcionamiento de un caldero de 15hp, por ser un caldero de estas características el que posee la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a continuación se indican los valores de funcionamiento:

Tabla 3.1: VARIABLES DEL CALDERO.

VARIABLES A MONITOREAR	Valor máximo	Valor mínimo
1. P. de trabajo	150 Psi	120 Psi
2. P. del ingreso de combustible	70 Psi	
3. P. de la mezcla	18 Psi	12 Psi
4. P. del retorno de combustible	35 Psi	
5. P. del ingreso de agua al caldero	120 Psi	120 Psi
6. P. de la bomba de agua de la cisterna	80 Psi	
7. P. a la salida del ablandador	80 Psi	
8. T. del tanque de condensado	85 °C	
9. Temperatura en la chimenea	190 °C	180 °C
10. Nivel de agua	2/3 del indicador	¾ " del máximo

CAPÍTULO IV

4. INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA [3]

Un programa de mantenimiento bien planificado puede ayudar a evitar paralizaciones de trabajo innecesarias o reparaciones costosas, promover seguridad, y asistir a los inspectores de calderos.

Se recomienda mantener un diario o registro del caldero. El registro de las actividades diarias, mensuales y anuales, proporciona una guía valiosa y ayuda a obtener servicio económico y duradero del equipo.

Aunque el caldero tiene dispositivos eléctricos, electrónicos y mecánicos que hacen que la operación sea automática, éstos requieren mantenimiento sistemático y periódico. Cualquier característica “automática” no releva al operador de su responsabilidad, sino que lo libera de efectuar ciertas tareas rutinarias y le proporciona tiempo extra para el cuidado y mantenimiento del caldero.

La limpieza adecuada ayuda a mantener una apariencia profesional del cuarto de calderos. Solamente personal entrenado y autorizado deberá ser permitido a operar, ajustar o reparar el caldero y equipo relacionado.

El cuarto de calderos deberá mantenerse libre de todo material o equipo que no sea necesario para la operación del caldero o sistema de calefacción para mejorar los niveles de seguridad.

La habilidad en reconocer ruidos anormales, lectura incorrecta de indicadores, fugas, etc., puede ayudar al operador a identificar el comienzo de un funcionamiento defectuoso, permitiendo una acción correctiva inmediata y oportuna que podría evitar reparaciones extensas.

Cualquier fuga de vapor, agua o aire debe repararse tan pronto sea posible. Las fugas son antieconómicas lo mismo que peligrosas.

4.1. Banco de tareas del mantenimiento del caldero

El banco de tareas del mantenimiento del caldero contiene las actividades planificadas para el desarrollo del mantenimiento en sistemas pirotubulares y los pasos para el desarrollo de las actividades mencionadas, así como también sus frecuencias recomendadas.

Tabla 4.1: BANCO DE TAREAS DEL MANTENIMIENTO DE UN CALDERO.

N°	TAREAS	FRECUENCIA
1.	Inspección general.	24 h
2.	Verificación de la operación del quemador.	24 h
3.	Inspección de las válvulas de seguridad	24 h
4.	Mantenimiento del control del nivel de agua.	720 h
5.	Mantenimiento de los controles eléctricos.	720 h
6.	Limpieza del detector de llama	720 h
7.	Mantenimiento del colador	720 h
8.	Mantenimiento del tanque de aceite combustible	720 h
9.	Verificación de seguridad del sistema de la llama	720 h
10.	Mantenimiento del resorte de la leva	720 h
11.	Mantenimiento de la interconexión del control	4320 h
12.	Limpieza del Fogón (argas de combustión).	4320 h
13.	Mantenimiento del quemador de aceite	4320 h
14.	Limpieza de la boquilla de aceite	4320 h
15.	Mantenimiento de la boquilla de purga de aire	4320 h
16.	Mantenimiento del sistema de ignición	4320 h
17.	Mantenimiento del quemador de gas	4320 h
18.	Mantenimiento de las válvulas solenoide	8640 h
19.	Mantenimiento del Ventilador de tiro forzado	8640 h
20.	Cambio del tubo de vidrio del indicador del nivel de agua.	8640 h
21.	Mantenimiento del revestimiento del horno	8640 h

4.2. Desarrollo del banco de tareas

4.2.1. Inspección general

Frecuencia: 24 h

Procedimiento:

- a. Antes de encender el caldero, nos acercamos a ella y buscamos anomalías.
- b. Examinamos si están bien apretadas las conexiones, tuercas de seguridad, tornillos de fijación, etc.
- c. Al no existir ninguna peculiaridad encendimos el caldero.

4.2.2. Verificación de la operación del quemador

Frecuencia: 24 h

Procedimiento:

- a. Encendimos el caldero (presionando “on”) en modo auto.
- b. Observamos el proceso que se realiza en el software de simulación y comparamos con lo que sucede en el programador del caldero.
- c. Revisamos la presión del combustible y del aire atomizado indicado en el software.
- d. Verificamos la proporción aire combustible a fin de evitar pérdidas de eficiencia.
- e. Procedimos a buscar algún tipo de anomalía, si se produce algún tipo de fallo el software al igual que el programador del caldero generarán señales de alerta.
- f. Al no ocurrir ningún tipo de anomalía continuamos el proceso de generación de vapor.

4.2.3. Inspección de las válvulas de seguridad

Frecuencia: 24 h

Procedimiento:

- a. Encendimos el caldero.
- b. Inspeccionamos las válvulas de seguridad, en caso de fugas deben ser remplazadas.

4.2.4. Mantenimiento del control del nivel de agua

Frecuencia: 720h

Procedimiento:

- a. Apagamos el caldero.
- b. Inspeccionamos los dispositivos de interrupción de bajo nivel de agua.
- c. Sacamos el mecanismo principal del dispositivo de interrupción de bajo nivel de agua del recipiente y limpiamos el flotador, las piezas móviles internas, y el recipiente o columna de agua.
- d. Nos aseguramos que las conexiones estén libres de obstrucciones.
- e. Montamos nuevamente los elementos del control y el control en el caldero.
- f. Observamos la operación cerrando el flujo de agua al generador, los controles apagaron el quemador del caldero (si los controles no apagan el quemador al nivel de agua adecuado o parecen estar en malas condiciones, deben ser remplazados inmediatamente).

4.2.5. Mantenimiento de los controles eléctricos

Frecuencia: 720h

Procedimiento:

- a. Apagamos el caldero.
- b. Retiramos la tapa de los controles eléctricos.
- c. Eliminamos la suciedad acumulada en el interior del control usando aire de baja presión.
- d. Verificamos el estado de los interruptores de mercurio.
- e. Nos aseguramos que los controles de este tipo estén nivelados correctamente empleando el indicador de nivelación.
- f. Montamos la tapa de los controles eléctricos.

4.2.6. Limpieza del detector de llama

Frecuencia: 720h

Procedimiento:

- a. Apagamos el caldero.
- b. Desmontamos la tapa del quemador retráctil.
- c. Limpiamos los lentes del detector de la llama, para ello usamos un trapo suave humedecido con detergente.
- d. Montamos nuevamente la tapa del quemador retráctil.

4.2.7. Mantenimiento del colador

Frecuencia: 720h

Procedimiento:

- a. Apagamos el caldero.
- b. Procedimos a desmontar el cedazo del colador del aceite combustible, para ello aflojamos el tornillo de la tapa teniendo cuidado de no perder el empaque de cobre.
- c. Limpiamos el cedazo sumergiéndolo en solvente y secándolo con aire comprimido.
- d. Montar el cedazo en el colador.

4.2.8. Mantenimiento del tanque de aceite combustible

Frecuencia: 720h

Procedimiento:

- a. Apagamos el caldero.
- b. Inspeccionamos visualmente el tanque.
- c. Vaciamos el tanque.
- d. Eliminamos depósitos del tanque.
- e. Llenamos el tanque.

4.2.9. Verificación de seguridad del sistema de la llama

Frecuencia: 720h

Procedimiento:

Verificación de falla en la llama piloto

- a. Cerramos el suministro principal de combustible.
- b. Encendimos el quemador (interruptor en “on”), Observamos las advertencias indicadas en el software. El sistema del piloto se activó al final del período de la pre-purga. Ya que no hubo ninguna llama del piloto que detectar, la válvula del piloto se desactivo y las válvulas principales del combustible no se activaron.
- c. Nos cercioramos que haya chispa de la ignición pero que no haya llama. El programador completó su ciclo durante el cual el interruptor de seguridad conectó un cierre de seguridad activando la luz indicadora de falla de la llama (y la alarma).
- d. Apagamos el interruptor del quemador. Restablecimos el interruptor de seguridad después de permitir que se enfríe el elemento térmico durante un rato.

Verificación de falla en el encendido de la llama principal

- a. Cortamos el suministro principal de combustible al quemador.
- b. Procedimos al encendido del interruptor del quemador. Observamos las advertencias del software. El piloto encendió después de completar el período de la pre-purga, la válvula principal se activó pero no se encendió la llama principal. El interruptor de seguridad se soltó y cerró aproximadamente 30 segundos después del final del período de la prueba de ignición. La luz indicadora de falla de llama y la alarma se activaron.
- c. Luego apagamos el interruptor del quemador.
- d. Restablecimos el suministro principal de combustible y el interruptor de seguridad después de permitir que se enfríe el elemento térmico durante un rato.

Verificación de pérdida de llama

- a. Encendimos el caldero.
- b. Con el quemador en operación normal, cortamos el suministro principal de combustible al quemador para apagar la llama principal.
- c. Observamos las advertencias en el software, el motor soplador funciona durante el período de post-purga, el interruptor de seguridad saltó y cerró aproximadamente treinta segundos más tarde, desactivando el relevador principal 1K. La luz indicadora de falla de llama y la alarma se activaron.

- d. Procedimos apagar el interruptor del quemador.
- e. Luego restablecimos el interruptor de seguridad después de permitir que se enfríe el elemento térmico durante un rato.
- f. Finalmente restablecimos el suministro principal de combustible.

4.2.10. Mantenimiento del resorte de la leva

Frecuencia: 720h

Procedimiento:

- a. Apagamos el caldero.
- b. Retiramos la tapa que cubra el resorte.
- c. Inspeccionamos el resorte perfilado de la leva de combustible para ver si tiene desgaste, rayas o está deformado, (si se encuentra alguna de estas condiciones, se debe reemplazar inmediatamente el resorte para evitar que se rompa durante el funcionamiento. Tenga cuidado de no dañar el resorte durante la instalación).
- d. Luego lubricamos el resorte de la leva.

4.2.11. Mantenimiento de la interconexión del control

Frecuencia: 720h

Procedimiento:

- a. Para ello apagamos el caldero.
- b. Quitamos la tapa del control
- c. Aplicamos un lubricante de alta temperatura que no sea pegajoso ni gotee a todas las articulaciones pivotadas y piezas móviles.
- d. Colocamos la tapa del control.

4.2.12. Limpieza de fogón

Frecuencia: 4320h

Procedimiento:

- a. Apagamos el caldero.
- b. Procedimos a abrir las puertas delantera y trasera.
- c. Cepillamos por uno de sus extremos.
- d. Luego limpiamos todo el hollín suelto y acumulaciones.
- e. Raspamos y limpiamos el deflector del respiradero y el cañón de la chimenea.
- f. Inspeccionamos el estado del deflector del respiradero y el cañón de la chimenea determinamos que no existe daños.
- g. Finalmente cerramos y sellamos las puertas.

Nota: El fogón debe limpiarse minuciosamente antes de una interrupción prolongada del caldero, dependiendo de las circunstancias, éste podría necesitar un revestimiento protectorio.

4.2.13. Mantenimiento del quemador de aceite

Frecuencia: 4320h

Procedimiento:

- a. Para este procedimiento apagamos el caldero.
- b. Con mucho cuidado desmontamos el conjunto quemador.
- c. Inspeccionamos y observamos que el quemador no presenta daños debido a un ajuste inadecuado de la combustión.
- d. Verificamos el ajuste de la boquilla del aceite con relación al difusor.
- e. Posteriormente observamos el sellamiento entre la cámara del quemador y el revestimiento del horno, determinamos su buen estado.
- f. Finalmente Montamos el conjunto Quemador.

4.2.14. Limpieza de la boquilla de aceite

Frecuencia: 4320h

Procedimiento:

- a. Apagamos el caldero.

- b. Con cuidado desmontamos el conjunto quemador.
- c. Luego quitamos el pasador y retiramos el inyector del quemador.
- d. Retiramos la punta de la boquilla utilizando una llave de boca plana o una llave de horquilla.
- e. Cuidadosamente retiramos el rotor y el resorte de fijación teniendo cuidado de no dejar caer o dañar ninguna pieza.
- f. Limpiamos con un solvente adecuado y un cepillo puntiagudo.
- g. Cambiamos el O-ring en el bloque de distribución del quemador ya que se encuentra en mal estado y éste sirve de sello para el tubo interno del aceite.
- h. Montamos nuevamente la boquilla en el sistema quemador y el sistema en el caldero.

Si, en cualquier momento, la llama del quemador aparenta estar “filamentosa” o “floja”, es posible que la punta de la boquilla o el rotor se haya obstruido parcialmente o gastado. Cualquier bloqueo en la punta causará que el indicador de presión de aire aumente fuera de lo normal, observe en el software la presión y compárela con los reportes anteriores del software.

4.2.15. Mantenimiento de la boquilla de purga de aire

Frecuencia: 4320h

Procedimiento:

- a. Apagamos el caldero.
- b. Desmontamos la boquilla la misma consiste de una punta y un núcleo interno.
- c. Limpiamos todas las superficies internas de la punta y las partes ranuradas del núcleo teniendo cuidado que no se raspen.
- d. Ubicamos de nuevo el núcleo, asentándolo bien fijo pero no en forma excesiva.
- e. Luego limpiamos cuidadosamente con un solvente adecuado el cedazo del colador removiendo todo material extraño.
- f. Situamos nuevamente el colador atornillándolo en el cuerpo de la boquilla.
- g. Montamos finalmente la boquilla.

4.2.16. Mantenimiento del sistema de ignición

Frecuencia: 4320h

Procedimiento:

- a. Apagamos el caldero.
- b. Desmontamos el sistema de ignición.
- c. Minuciosamente inspeccionamos la punta del electrodo por si hay señas de picaduras o depósitos de combustión.
- d. Comprobamos la abertura y dimensión adecuada de los electrodos.
- e. Verificamos que el aislador de porcelana no esté rajado, (de estarlo se remplazara el electrodo ya que el agrietamiento puede conducir el voltaje del la ignición a tierra).
- f. Rápidamente inspeccionamos los cables de la ignición.
- g. También verificamos que todas las conexiones entre el transformador y los electrodos estén apretadas.
- h. Finalmente removimos el tapón de acceso del aspirador del piloto de gas y quitamos la pelusa o material extraño que se haya acumulado.

4.2.17. Mantenimiento del quemador de gas

Frecuencia: 4320h

Procedimiento:

- a. Apagamos el caldero.
- b. Desmontamos el quemador.
- c. Inspeccionamos los componentes del quemador de gas buscando evidencia de daño alguno debido a un ajuste inadecuado de la combustión.
- d. Verificamos que haya un sello adecuado entre el extremo de la cámara del quemador y el refractario del horno.
- e. Inspeccionamos también que el difusor no esté cubriendo los orificios de salida en la cámara del quemador.

- f. Controlamos el ajuste del electrodo.
- g. Luego revisamos que el aislador de porcelana no esté agrietado, (de estarlo se remplazara el electrodo ya que el agrietamiento puede conducir el voltaje de la ignición a tierra).
- h. Posteriormente inspeccionamos la punta del electrodo por si tiene señas de picaduras o depósitos de combustión observamos que se encuentra con depósitos, lo reacondicionamos con una lima fina.
- i. Removimos periódicamente el tapón de acceso del aspirador del piloto de gas y eliminamos la pelusa o material extraño que se encontraba acumulado.
- j. Rápidamente inspeccionamos los cables de la ignición.
- k. Luego verificamos que todas las conexiones entre el transformador y los electrodos estén separadas.
- l. Montamos el conjunto en el caldero.

4.2.18. Mantenimiento de las válvulas solenoides

Frecuencia: 4320h

Procedimiento:

- a. Apagamos el caldero.
- b. Desmontamos el quemador.
- c. Retiramos cualquier material extraño entre el sello de la válvula y el disco del sello pues puede causar filtraciones.
- d. Energizamos la válvula con un voltaje adecuado (24V) cuando la bobina se energiza se puede oír un leve murmullo o zumbido, (si se oye un zumbido fuerte en la válvula o un ruido traqueteador, reemplace la válvula).
- e. Posteriormente limpiamos detalladamente el ensamble del émbolo y el tubo interior del mismo, (no use aceite).
- f. Nos aseguramos que el tubo del émbolo y solenoide queden bien apretados al armarse de nuevo, teniendo cuidado de no mellar o dañar el tubo del émbolo.
- g. Finalmente montamos la válvula al quemador y el quemador al caldero.

4.2.19. Mantenimiento del Ventilador de tiro forzado

Frecuencia: 8640h

Procedimiento:

- a. Apagamos el caldero.
- b. Desmontamos el sistema de ventilación de tiro forzado.
- c. Desmontamos el ventilador.
- d. Verificamos que las paletas no tengan depósito de suciedad o tierra.
- e. Verificamos la posición de las paletas del impulsor con relación a la cámara de entrada de aire, las paletas del impulsor no deben rozar o hacer contacto con la caja, pero al mismo tiempo, el espacio libre no debe ser mayor de 0.030 pulgadas (0.8mm) y preferiblemente menos.
- f. Montamos el ventilador y lo aseguramos aleje del motor.
- g. Montamos el sistema al caldero.

4.2.20. Cambio del tubo de vidrio del indicador del nivel de agua

Frecuencia: 8640h

Procedimiento:

- a. Apagamos el caldero.
- b. Cerramos las válvulas.
- c. Luego colocamos una tuerca de empaque, una arandela y un anillo empaquetador en cada extremo del tubo de vidrio.
- d. Insertamos un extremo del tubo dentro del cuerpo de la válvula superior del indicador lo suficiente para que permita que el otro extremo calce en el cuerpo inferior.
- e. Inspeccionamos las llaves de prueba y de nivel para verificar su operación y las limpiamos, (es imperativo que las llaves de nivel estén instaladas en un alineamiento preciso. Si no lo están, el vidrio quedará forzado y puede fallar prematuramente).

4.2.21. Mantenimiento del revestimiento del horno

Frecuencia: 8640h

Procedimiento:

- a. Apagamos el caldero.
- b. Abrimos las puertas delantera y trasera.
- c. Limpiamos el revestimiento del horno buscando fracturas. (se debe recubrir todas las fracturas y grietas aplicando una mezcla (argamasa) adhesiva de alta temperatura con una trulla (palustre) o con la punta de los dedos).

4.2.22. Mantenimiento y sellado de la puerta trasera

Frecuencia: 8640h

Procedimiento:

- a. Apagamos el caldero.
- b. Abrimos la puerta trasera.
- c. Chequeamos la condición del empaque tipo “renacuajo” y de la cuerda selladora.
- d. Chequeamos la condición del cemento aislante que protege el empaque tipo “renacuajo”.
- e. Luego controlamos que la loseta deflectora horizontal no tenga cuarteaduras grandes mayores que 3.2 mm de ancho, esquinas picadas, etc., (en caso de existir se recomienda rellenar éstas anomalías con mezcla adhesiva de alta temperatura).
- f. Chequeamos que no haya cuarteaduras en el concreto refractario en los extremos de la loseta deflectora.
- g. A continuación Revisamos que la línea de aire al tubo de observación esté despejada y las conexiones bien apretadas.
- h. Después de abrir la puerta trasera, limpiamos la pestaña o reborde con un raspador o cepillo de alambre.
- i. Limpiamos cuidadosamente la superficie del refractario con un cepillo de fibra para no dañar la superficie.
- j. Limpiamos las superficies de la loseta deflectora y del casco del caldero.

k. Removemos el material sellante que esté seco.

l. Y limpiamos el revestimiento de la mitad inferior de la puerta trasera antes de cerrarla.

m. En la mitad superior de la puerta interna aplicamos una mezcla fina de capa brochada.

Para el sellado de la puerta:

a. Verificamos que los empaques no estén endurecidos o quebradizos. Los empaques que estén gastados los reemplazamos.

b. Cubrimos el empaque con una mezcla de aceite y grafito antes de cerrar la puerta.

c. Nos aseguramos que todos los remaches que sostienen el empaque estén en su lugar.

d. La brida de la puerta debe mantenerse limpia y libre de cemento endurecido, incrustaciones, etc.

e. Verificamos la condición de la cuerda usada como sello deflector, (Si está en buenas condiciones, se debe cubrirla libremente con una pasta aislante antes de cerrarla, caso contrario habrá que cambiarla).

f. Nos cercioramos de que los empaques estén en su posición antes de cerrar la puerta.

g. Al cerrarse la puerta, los pernos deben estar bien apretados parejamente para evitar que la puerta se amartille y se dañe el empaque, comenzamos apretando arriba en el centro y alternamos entre el perno del centro superior y el perno de abajo en el centro hasta que ambos queden bien ajustados. No apretamos demasiado. Continuamos la secuencia de arriba hacia abajo, apretando los pernos alternativamente hasta que la `puerta quede bien asegurada y herméticamente sellada.

h. Después de poner a funcionar de nuevo el caldero, apretamos de nuevo los pernos para compensar por cualquier expansión.

4.2.23. Mantenimiento y sellado de la puerta interna delantera

Frecuencia: 8640h

Procedimiento:

a. Apagamos el caldero.

b. Abrimos la puerta delantera.

- c. Limpiamos cuidadosamente la superficie de la puerta.
- d. Chequeamos que no haya cuarteaduras o grietas mayores a 3.2 mm, en caso de existir se debe aplicar mezcla adhesiva de alta temperatura y una capa brochada sobre toda la puerta.
- e. Inspeccionamos los pasadores de retención y los reemplazamos.
- f. Reemplazamos el material.

Para el sellado de la puerta:

- a. Verificamos que los empaques no estén endurecidos o quebradizos. Los empaques que estén gastados los reemplazamos.
- b. Cubrimos el empaque con una mezcla de aceite y grafito antes de cerrar la puerta.
- c. Nos aseguramos de que todos los remaches que sostienen el empaque estén en su lugar.
- d. La brida de la puerta debe mantenerse limpia y libre de cemento endurecido, incrustaciones, etc.
- e. Verificamos la condición de la cuerda usada como sello deflector, la cubrimos libremente con una pasta aislante antes de cerrar, (para reemplazar la cuerda, habrá que limpiar con un cepillo de alambre el área de la placa tubular para eliminar el material sellante anterior).
- f. Al cerrar la puerta, los pernos deben estar bien apretados parejamente para evitar que la puerta se amartille y se dañe el empaque, iniciamos apretando arriba en el centro y alterne entre el perno del centro superior y el perno de abajo en el centro hasta que ambos queden bien ajustados. No apretamos demasiado. Continuamos la secuencia de arriba hacia abajo, apretando los ternos alternativamente hasta que la `puerta quede bien asegurada y herméticamente sellada.
- g. Después de poner a funcionar de nuevo el caldero, apretamos de nuevo los pernos para compensar por cualquier expansión.

CAPÍTULO V

5. DESARROLLO DE GUÍAS PRÁCTICAS PARA EL ESTUDIANTE

5.1. Práctica N° 1

Tema:

Arranque, monitoreo y apagado del caldero.

Objetivo general:

Arrancar, monitorear y apagar el caldero.

Objetivos específicos:

- Usar el software de simulación del encendido, monitoreo y apagado de un caldero.
- Aplicar los conocimientos adquiridos en la cátedra de de “Vapor y Refrigeración”.
- Reconocer los componentes de un caldero en el software de simulación.
- Familiarizarse con el funcionamiento del caldero.

Procedimiento:

1. De la barra de herramientas oprima el botón “run” ó “Ctrl+r”.
2. En la pantalla principal busque y oprima el botón “encendido”, posteriormente aparecerá un aviso en el que se le indicará: “Encienda la bomba de abastecimiento y de condensado, el interruptor de combustible debe estar en modo automático.

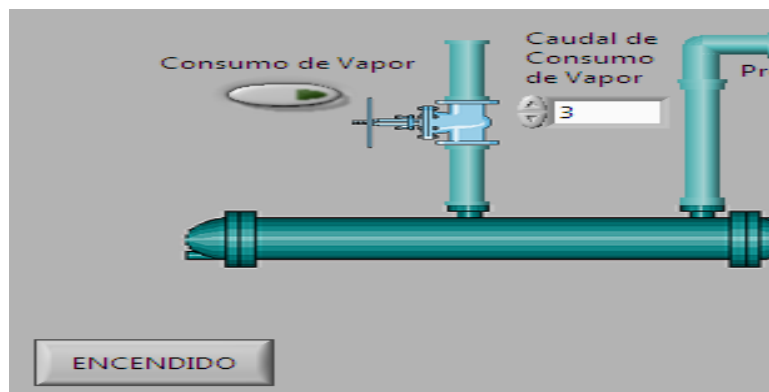


Figura 5.1: Botón de encendido.

3. Coloque los interruptores de las bombas de abastecimiento y condensado en posición “on”, a continuación aparecerá un segundo y tercer aviso que le indicarán: “calibrar el reóstato en posición 4” y “colocar el interruptor del modulador en posición manual” respectivamente.

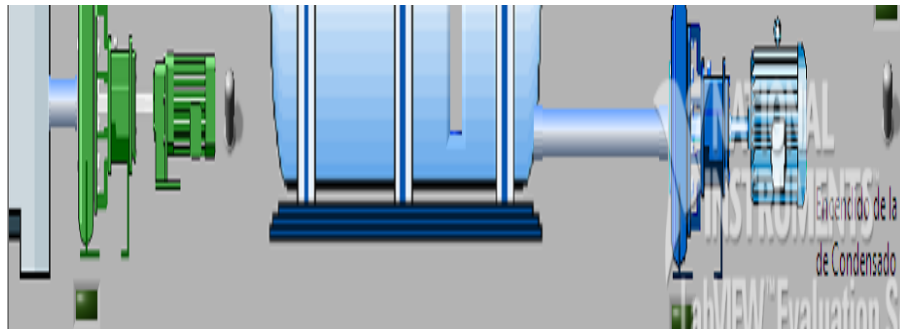


Figura 5.2: Bombas y controles de las bombas.

4. Calibre el reóstato en la posición “4”.
5. Coloque el interruptor del modulador en la posición que indique manual “manual”, entonces aparecerá un cuarto aviso que le indicará: “encender el quemador”.



Figura 5.3: Modulador y control del modulador

6. Coloque el interruptor de encendido del quemador en posición de encendido “on”.



Figura 5.4: Control del quemador.

7. Observe la secuencia de encendido:
- a. Se encenderá el led “power” y demorará encendido 40 segundos, durante este tiempo se realizará la pre-purga, por lo que se encenderá el compresor de aire y el modulador se abrirá y cerrará.

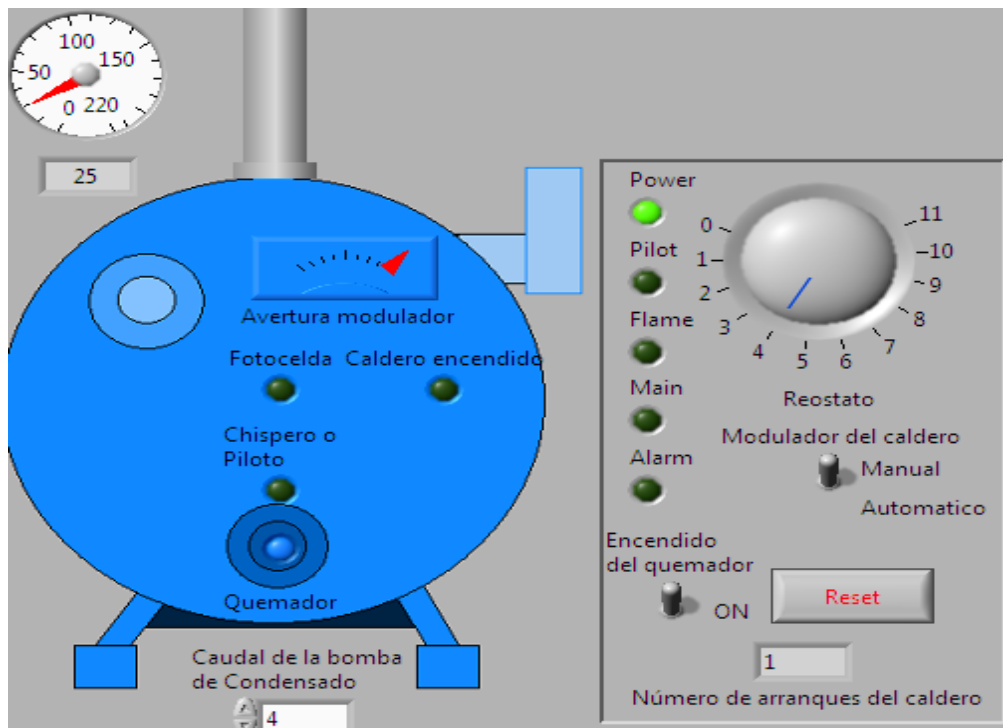


Figura 5.5: Indicador de encendido

- b. Se enciende el piloto y demora encendido 15 segundos.

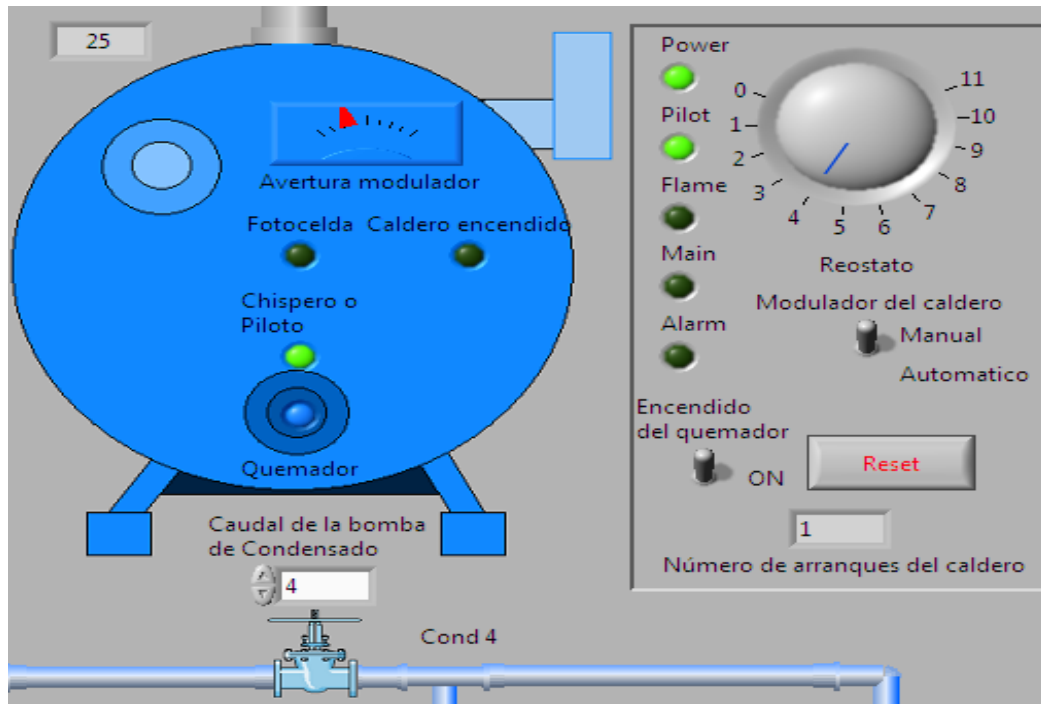


Figura 5.6: Indicador de encendido del piloto.

- c. Ocurre el cambio de llama y el interruptor del modulador del caldero cambia a modo automático, observe también los manómetros y termómetros, éstos empezarán a incrementar sus presiones y temperaturas respectivamente simulando el funcionamiento del caldero en el tiempo.



Figura 5.7: Indicador de cambio de llama.

8. Para el apagado del caldero cambie el interruptor del quemador a la posición “off”, entonces los sistemas del caldero se apagarán excepto el modulador que realizará una post-purga para evacuar remanentes inflamables del hogar del caldero.

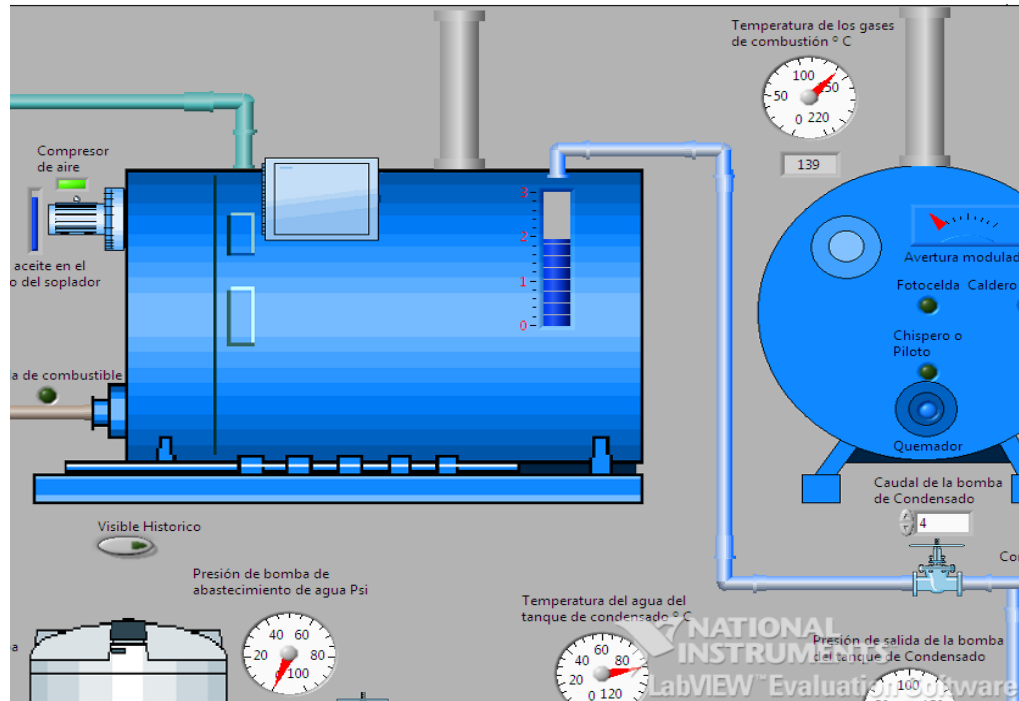


Figura 5.8: Post-purga.

5.2. Práctica N° 2

Tema:

Generación de reportes

Objetivo general:

Generar reportes

Objetivos específicos:

- Operara virtualmente el caldero.
- Recopilar datos del funcionamiento del caldero.
- Imprimir reportes.

Procedimiento:

1. Abra el disco “c”, en él cree una carpeta cuyo nombre será “reportes”, al interior de ella (“reportes”) cree otra carpeta de nombre “Word”, en ellas se alojarán los reportes creados.
2. Encienda el caldero.
3. Ubique la válvula de caudal de consumo de vapor y varíe el consumo, al aumentar el consumo de vapor la generación aumentará consecuentemente el consumo de agua también y viceversa.

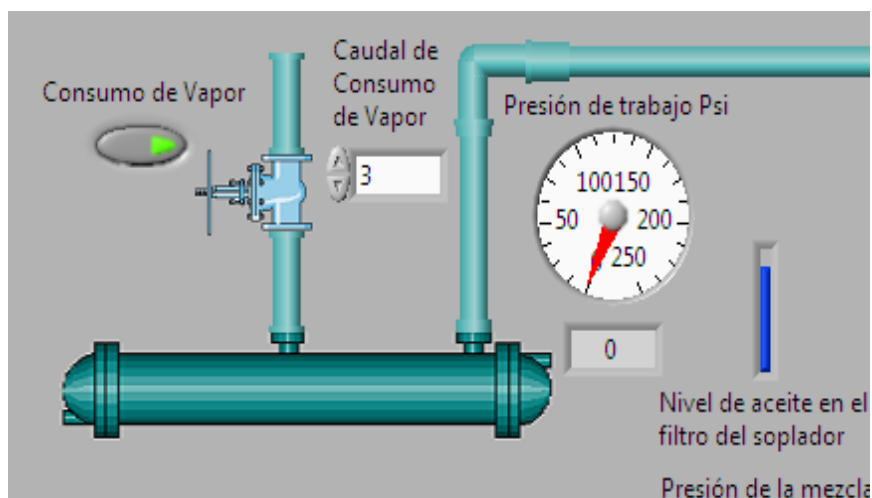


Figura 5.9: Control del caudal consumo de vapor.

4. Oprima el botón “visible histórico”, automáticamente en la parte baja del panel frontal aparecerá una gráfica que registra el nivel de agua del caldero en el tiempo.

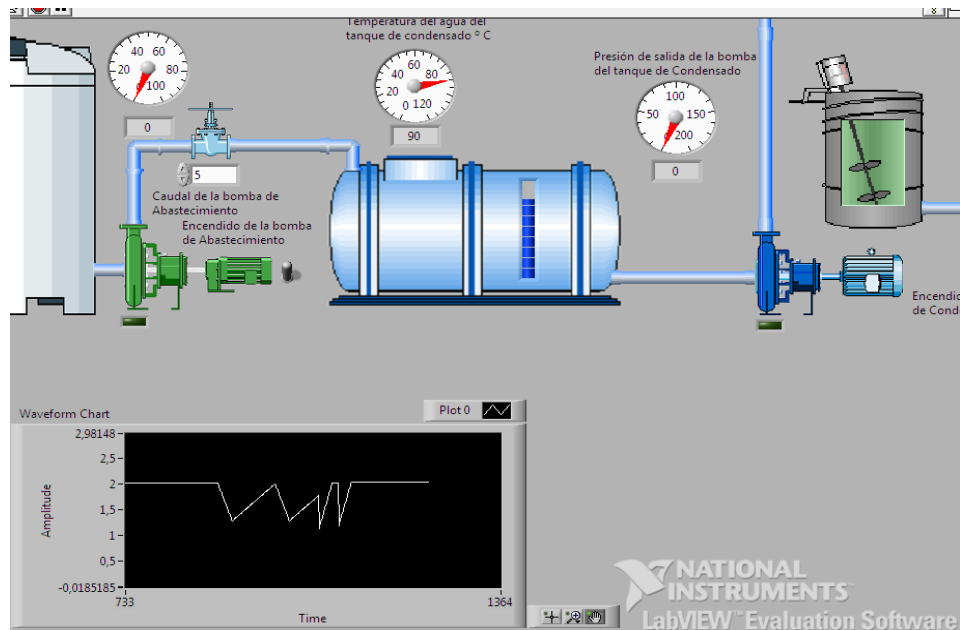


Figura 5.10: Gráfica de nivel de agua del caldero.

5. Oprima el botón “generar reporte”, instantáneamente aparecerá una ventana en la que se da la opción de imprimir el reporte, el formato del reporte se indica en el anexo “A”.

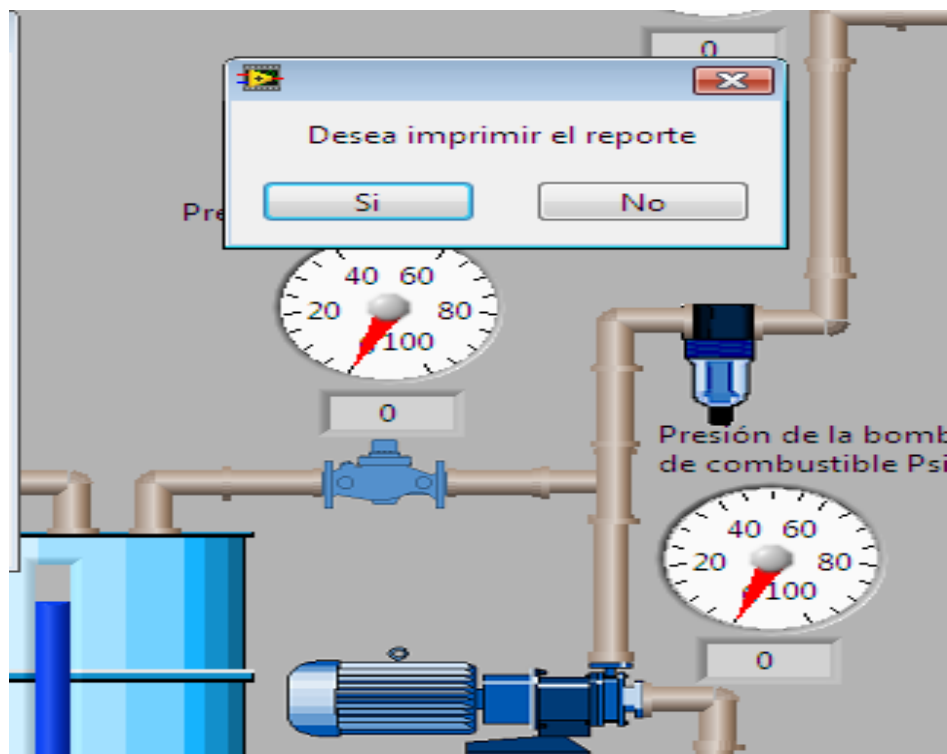


Figura 5.11: Ventana de impresión.

6. Paralelamente dos reportes se crearán:

a. Reporte genérico.- Está ubicado en la carpeta de nombre “reportes”, cuya característica principal es que puede ser abierto en cualquier formato, pues no posee uno ya que constantemente se actualiza en el tiempo.

b. Reporte en word.- Este reporte es el que se imprimirá en caso de escoger esa opción, su formato es el de un documento en Microsoft Word.

7. Apague el caldero.

5.3. Práctica N° 3

Tema:

Seguridad del sistema

Objetivo general:

Comprobar la seguridad del sistema.

Objetivos específicos:

- Operar el sistema.
- Simular situaciones de riesgo.

Procedimiento:

1. Coloque el nivel de consumo de caudal de vapor en 3.

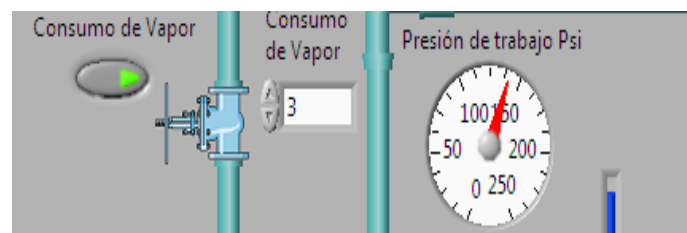


Figura 5.12: Control del caudal de vapor.

2. Cierre las válvulas de alimentación de agua del caldero (ponga en cero el nivel de caudal) y observe como el nivel de agua del interior del caldero disminuye rápidamente hasta encender la alarma y apagarla si no se reanuda el paso del agua.

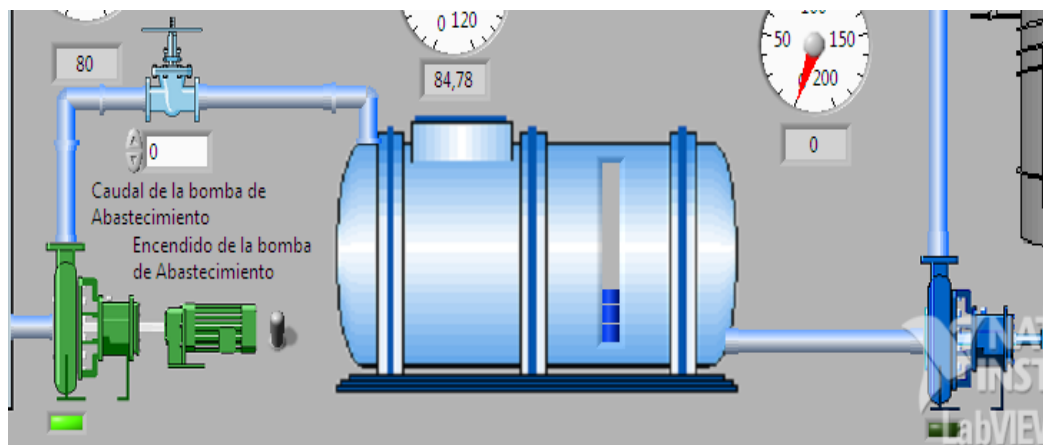


Figura 5.13: Nivel de agua del caldero.

3. Reanude el caudal del caldero antes de que se apague la misma.
4. Aumente el caudal de consumo de vapor del caldero (hasta 10), observe como rápidamente disminuye el nivel de agua al interior del caldero, posteriormente suena la alarma y aparece un aviso del problema.

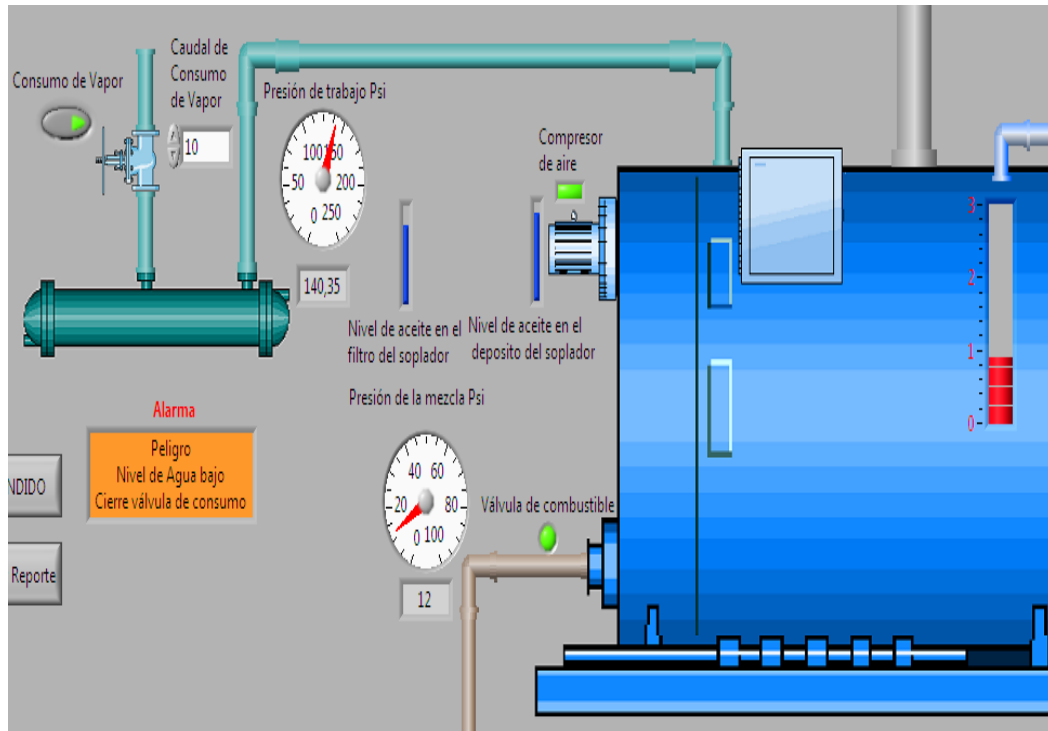


Figura 5.14: Caldero en nivel de alarma.

5. Cierre el consumo de caudal de vapor antes de que el caldero se apague.

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- Al realizar las investigaciones sobre el software objeto de estudio de la tesis se conoció que el software LabVIEW es de muy alta versatilidad, que por su modo de programación facilita y ayuda la tarea del programador.
- Se concluye también que los calderos son máquinas muy comunes en la industria nacional y por las grandes cantidades de energía que manejan necesitan un monitoreo constante.
- Luego de diseñar el software hemos llegado a desarrollar un sistema de generación de vapor virtual con características similares a las encontradas en cualquier área de generación de vapor, convirtiéndose en un instrumento totalmente seguro y económico para la formación de técnicos calderistas y personal de mantenimiento cuya necesidad es conocer el funcionamiento y parámetros de sistemas análogos reales.
- Conociendo las características de sistemas de generación de vapor y su operación, hemos desarrollado un plan de mantenimiento preventivo planificado integral, ejecutable y de gran calidad, para equipos generadores de vapor, que sin duda ayudará a conservar los mismos y mantener sus niveles de seguridad.
- Las guías preparadas para el estudiante se han desarrollado de tal manera que permitan la familiarización del sistema, la formación virtuosa a través del manejo del sistema.
- Por último, el diseño y simulación del sistema de generación de vapor, nos ha brindado la oportunidad de aplicar todos los conocimientos teóricos adquiridos a lo largo del desarrollo de la carrera estudiantil, constituyéndose en una base para un asentamiento como futuro profesional.

6.2. Recomendaciones

- Recomendamos el uso del software de simulación del encendido y monitoreo de las variables de un caldero en la cátedra de “Vapor y Refrigeración”, para familiarizar al estudiante con el uso del equipo y optimizar el aprendizaje técnico-científico de los educandos.

- Exhortamos también a la aplicación del plan de mantenimiento que indicamos en el documento, en el equipo que posee la Facultad de Mecánica de la “Escuela Superior Politécnica de Chimborazo”.
- Confiamos en que la Facultad de Mecánica de la “Escuela Superior Politécnica de Chimborazo”, usando como base este software impulse el desarrollo de otra tesis que sea la continuación del presente trabajo y la aplicación práctica en el área de generación de vapor que posee.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] RAMÍREZ, A, Manual para Instalación, operación y mantenimiento de calderos de tubos de fuego (Tesis), Ecuador, ESPOCH, 2002, pp: 129-134
- [2] CLEAVER BROOKS, Calderas Unitarias, manual de operación, servicio y repuestos, 5ta ed, E.U.A, MILWAUKEE, 1997, pp: 1.1-1.23
- [3] CLEAVER BROOKS, Calderas Unitarias, manual de operación, servicio y repuestos, 5ta ed, E.U.A, MILWAUKEE, 1997, pp: 3.1-3.18

BIBLIOGRAFÍA

- CLEAVER BROOKS, Calderas Unitarias, manual de operación, servicio y repuestos, 5ta ed, E.U.A, MILWAUKEE, 1997.
- RAMIREZ, A, Manual para Instalación, operación y mantenimiento de calderos de tubos de fuego (Tesis), Ecuador, ESPOCH, 2002.

LINKOGRAFÍA

LabVIEW

http://www.gte.us.es/A SIGN/IE_4T/Tutorial%20de%20Labview.pdf

05-marzo-2010

Tarjeta DAQ-6024E

<http://cires.colorado.edu/jimenez-group/QAMSR esources/Docs/PCI-6024E.pdf>

06-marzo-2010

Calderas

[http://es.wikipedia.org/wiki/Caldera_\(calefacci%C3%B3n\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Caldera_(calefacci%C3%B3n))

08-marzo-2010

Funcionamiento de la caldera

<http://www.ingecap.com/pdf/CALDERAS.pdf>

10-marzo-2010